國家科學及技術委員會
南部科學園區管理局

南部科學園區橋頭園區
活動斷層地質敏感區基地地質調查及地質安全評估
委託技術服務案

高雄市橋頭區橋科段 1 號等 38 筆土地；高雄市燕巢區燕科段 1 號等 59 筆土地、代天府段 228-2 號等 55 筆土地及觀水段 176-2 號土地

車瓜林斷層活動斷層地質敏感區

基地地質調查及地質安全評估報告

(本文部分)

定稿本

中興工程顧問股份有限公司

中華民國 115 年 3 月

審查單位：高雄市應用地質技師公會

「南部科學園區橋頭園區活動斷層地質敏感區基地地質調查及地質安全評估委託技術服務案」
車瓜林斷層活動斷層地質敏感區基地地質調查及地質安全評估
審查意見

一、依據和審查方法：地質法第八條和第十一條、地質敏感區基地地質調查及地質安全評估作業準則(113/01/09)、地質敏感區基地地質調查及地質安全評估手冊(113/01)、高雄市應用地質技師公會審查業務辦法及中興工程顧問股份有限公司 114 年 10 月 13 日地工字第 1140099610 號申請審查委託辦理。

二、審查會議時間、地點：

1. 第一次基地現勘審查會議於 114 年 12 月 5 日上午 10 時 30 分。
2. 第二次審查於 115 年 2 月 24 日至 3 月 3 日以書面方式審查。
3. 115 年 3 月 3 日審查完竣。

三、審查結論：本公會審查僅就本基地所在活動斷層地質敏感區地質安全評估報告進行審議，各次審查所提意見或補充事項，申請人及承辦技師均已依委員所提意見修正完竣，並載於評估報告書中。本審定報告書之調查及分析方法尚屬合宜，惟承辦技師所完成之區域和細部調查及應附圖說部分仍應自行負責。該土地之開發人、經營人、使用人或所有人，於施工或使用階段，亦應依報告書評估結果防範地質災害之發生。

本案經審查結果建議准予通過

中華民國 115 年 3 月 3 日

高雄市應用地質技師公會 115.3.03 審查核定章

審查委員	曾何騰委員	陳奕亮委員	朱英茂委員	黃台豐委員	黃柏鈞委員	許錕安委員	林正浩委員
	曾何騰	陳奕亮			黃柏鈞		

國家科學及技術委員會南部科學園區管理局

「南部科學園區橋頭園區活動斷層地質敏感區基地地質調查及地質安全評估委託技術服務案」

活動斷層地質敏感區基地地質調查及地質安全評估報告審查意見答覆表

審查日期：114 年 12 月 5 日

項次	審查意見	意見回覆及辦理情形
曾何騰委員		
1	圖 3.3-20～3.3-26，細部調查地質剖面圖中，斷層錯動僅位於岩盤範圍內，而文中提及地表仍有潛變跡象，如此一來，本區斷層錯動變形應是持續發生，並切穿現代沖積層，請再考量剖面呈現方式，再行檢視延伸至地表位置，是否符合圖 3.3-27 的地表分布。	1. 依據本計畫地表形變分析(InSAR與大地測量監測)成果，地表確仍有潛變跡象，故依委員建議依沖積層層厚變化與岩盤落差修正地質剖面圖，依岩盤判釋之斷層傾角延伸至現代沖積層，以岩層錯動方式呈現本斷層持續活動。 2. 本計畫地質鑽探剖面判釋之斷層跡延伸位置皆依各鑽探剖面以斷層傾角延伸至地表至位置連線繪製而得，故圖 3.3-20~3.3-26 與圖 3.3-27 之地表分布位置相符。
2	依據前述研判斷層影響範圍，補充修正本計畫建議之因應對策，距離提供後續通盤檢討參考。	由於前項修訂不影響本計畫最終斷層影響範圍界定，故維持原建議之相關因應對策內容。
3	有關本案後續邱塊開發，請具體提出後續調查或監測之建議項目。	1. 後續坵塊開發將由各進駐廠商依其需求與相關法規辦理，如地質法、建築法及建築技術規則等。 2. 調查建議項目：若開發基地有改變地形地貌，且與活動斷層地質敏感區者重疊則須依地質法辦理，並辦理補充地質調查如地質鑽探及地球物理探測等。 3. 監測建議項目：(1)區域構造監測：設置 GPS，監測斷層潛移持續活動狀況，以即時取得位移數據。(2)結構安全監測：設置結構傾斜計、伸縮縫變位計及水準測量樁點，藉以評估結構變位狀況。(3)維生管線監測：在重要管線如瓦斯、高壓電及自來水管等，設置管線應變/變位監測，並在柔性接頭處安裝感測器，量測變形量。以上各相關監測數據

項次	審查意見	意見回覆及辦理情形
		提供各項廠房及設施進行定期檢修維護之參據。
陳奕亮委員		
1	圖 2.2-1 計畫區域地質圖顯示剖面 D-D’, E-E’ 斷層面之傾角由幾乎垂直 70-80 度。接近平原區時，傾角為 40 到 50 度。但在細部調查地質鑽探圖 3.3-20 至 3.3-26 各個剖面 P1-P5，C1-C3 斷層面傾角卻多為高角度，請說明。	由於車瓜林斷層為具橫移分量之逆斷層，在同震時期為逆斷層特性，斷層面常呈 40 到 50 度；間震時期則為以橫移斷層為主，斷層面常呈幾乎垂直 70-80 度。在區域地質圖中，多以區域地層位態與剪切帶傾角評估斷層傾角，由幾乎垂直 70-80 度(橫移斷層)，至接近平原區時，傾角轉為 40 到 50 度現象(逆斷層)，呈現出在不同區域反映了不同的斷層性質。然在本計畫區域，經大地測量成果顯示為潛移且具橫移特性，並依密集鑽孔成果(如水平距離、岩盤面高度落差)進而評估斷層傾角，且計畫區具橫移特性，故多為高角度(60°~80°)。
2	滾水坪泥火山之活動，仍持續進行中。在基地地質安全評估及結論與建議章節中，請多加強調。如在 2014，2018 年，於鳥松市區中，也仍有噴泥的活動。	本報告為針對活動斷層地質敏感區之調查及評估報告，故將泥火山視為區域地質範疇，於第二章區域調查中說明調查成果，並依委員意見，在區域調查之綜合評估及第五章結論及建議中，多加說明有關滾水坪泥火山之調查成果及建議。此外，有關泥火山調查已有另案辦理中。至於鳥松噴泥為近十多年所發育，而滾水坪泥火山發育應百年以上，且其距本計畫區仍有一段距離，非鄰近或延伸於本斷層跡上，評估其發育與滾水坪泥火山區無直接關聯性。
朱英茂委員		
1	依地質法第十一條，「應於相關法令規定須送審之書圖文件中，納入調查及評估結果」，自主檢核表中，請再確認本案應併入何種法令規定須送審之書圖文件?本案屬何種開發行為?另外，表中之基地面積是否誤植?	1. 本報告係南科管理局考量經濟部已公告「活動斷層地質敏感區(F0023 車瓜林斷層)劃定計畫書」在案，期望藉由依地質法規定之調查規格及內容辦理本報告，以提供橋頭園區發展實質幫助，釐清車瓜林斷層在園區之斷層跡及活動影響

項次	審查意見	意見回覆及辦理情形
		範圍，作為都市計畫通盤檢討劃定禁限建範圍之參據，故不涉及地質法規定需送審地質敏感區報告之任一土地開發階段。 2. 本案基地為高雄新市鎮特地區計畫之預定發展區之一，屬於都市計畫階級，惟基地內開發行為將視後續進駐廠商而定，而進駐廠商之開發行為則將進入土地開發之建照申請階段，屆時各廠商仍須依法令規定辦理必要調查及送審。 3. 表中基地面積誤植為細部調查面積，已修正基地面積為約 263.8 公頃。
2	表 1.3-1，建議增加基地面積的合計面積。	已於表 1.3-1 增列基地合計面積，本基地全區面積總計約 263.8 公頃。
3	P2-3 詳細敘述泥火山地形，三處泥火山分布位置及其特性，是否與斷層有關連性?對斷層調查是否有幫助?。	1. 泥火山活動在既有研究中有斷層及泥貫入體等兩種活動機制解釋，雖目前對於此區泥火山及活動斷層兩者之關聯性尚無直接事證，惟可見三處泥火山均分布於活動斷層帶(旗山斷層及車瓜林斷層)兩側附近，而依本報告調查結果，此區地體構造環境應由斷層主控，由於斷層帶具有應力集中及地層破碎等特性，其可能成為泥火山噴發所需的地下壓力及泥漿通道條件之一。 2. 依前所述，在此區域應可將泥火山分布視為活動斷層通過之可能表徵之一，而其常態性在此噴發的特性也可代表區域持續存在應力集中現象，故對活動斷層調查有間接幫助功能。
4	圖 2.5-1，車瓜林斷層線的引用來源請再註明，其他既有計畫鑽孔的括弧內是機關、公司或是計畫名稱?	1. 已補充車瓜林斷層線型引用來源於圖 2.5-1，引用自活動斷層地質敏感區劃定計畫書-F0023 車瓜林斷層(地礦中心，2023)。 2. 其他既有計畫鑽孔之括弧內統一

項次	審查意見	意見回覆及辦理情形
		以計畫所屬機關名稱做代表標示。
黃台豐委員		
1	P.2-2 第 2.1.2 節，區域地形判釋應該要畫出所判釋出的線形，並分析及解釋屬於何種構造或侵蝕形成，請於適當圖面標示線形位置，並於內文解釋。	1. 已補充判釋地形線形並標示於圖 2.1-2 及圖 2.1-3 中。 2. 在基地東側雞冠山及崎溜山區域可見一系列東北-西南走向之線形，經現地查核結果確認其為丘陵稜線，依區域地層位態，判定此系列線形應為地層受差異侵蝕之結果，而因車瓜林斷層屬於間震變形之潛移性質，且為逆斷層具有右移分量，近期並無同震變形之瞬移錯動紀錄，且主斷層跡通過古亭坑層之泥岩惡地地形，線形特徵易受風化侵蝕影響；進入平原區後則受到泥火山作用影響，導致構造線形不明顯，且地表大多為農業田埂、道路及水溝等人為地形，自然地形線形已不復存在，故車瓜林斷層之斷層跡在基地區域的位置主要仰賴地下調查結果。相關描述已補充於 2.1.2 節。
2	報告書內所繪製的車瓜林斷層線請說明繪製單位及來源，並說明此斷層線與活動斷層地質敏感區劃定計畫書_車瓜林斷層中所描述之斷層位置之差異。	本報告內有關既有車瓜林斷層線型原引用自林啟文等，2021 之條帶地質圖，斷層終端停在滾水坪泥火山附近，惟因在活動斷層地質敏感區劃定計畫書中，已依黎明工程，2021、2022 較新的資料，說明多處鑽探剖面顯示斷層線可延伸至橋頭糖廠北側，故本報告內既有車瓜林斷層線，本次修訂已統一引用劃定計畫書中車瓜林斷層條帶地質圖上之斷層線，斷層終端延伸至橋頭糖廠北側，並於圖面上備註引用來源。
3	P.2-5 相關圖幅建議能放大，以利閱讀。	已將原 A3 尺寸之圖 2.1-2 內組圖放大及重新排版，並拆成圖 2.1-2(東側)及 2.1-3(西側)兩張 A3 尺寸圖，以利閱讀。
4	報告中多次提到地質公園，但未見於任何圖中，請於適當圖面標示其位置。	已於內文提及地質公園的部分圖說中補充標示，本報告內所指地質公園(詳圖 1.3-1)即為土地使用分區之公 21(詳圖

項次	審查意見	意見回覆及辦理情形
		1.2-1)，即基地中央橫向拱門形狀範圍，內含滾水坪泥火山活動區。
5	P.2-28 圖 2.4-1 之圖名為「…及軌跡分布圖」，圖中未見軌跡，請修正。	已將圖名修訂為「區域現地查核點分布圖」。
6	請說明在岩心中判釋之泥貫入，其判釋標準為何？	因泥貫入之泥漿為流體狀態強行貫入砂層，本計畫在岩心紀錄時係依據下列特徵進行判釋，已補充 3.3.2 節 2.地層分布與描述(4)泥漿通道內文說明。判釋標準簡述如下： 1. 截切關係：正常的沉積層界線通常平行於層面，但泥貫入通常會以岩脈或不規則形狀截切原有的砂層層理。 2. 流動構造：在部分泥質可能會發現微細的流理，為泥漿在高壓下流動時定向排列所留下的痕跡。 3. 緻密性：本計畫泥貫入多發生於中砂層內，屬地質歷史上的貫入事件，泥質經再壓實其 N 值強度可能與周圍砂層有顯著差異。
7	有關細部調查之地電阻探測成果，其地電阻率從綠色到棕色約介於 10.0~31.6 Ohm-m 之間，若電阻率在 30 Ohm-m 左右，由表 3.3-1 顯示其可能是黏土，也可能是砂，在這區間可以明顯區分出上、下層嗎？請說明其探測精度。另外，調查結果各圖中之電性不連續範圍之型態與鑽探結果甚為一致，其數據是否經過修正？	1. 場址沖積層受限於地下水分布、電極間距及反演模型之平滑化效應影響，地層(砂、泥、砂泥互層)電阻率數值較為重疊，顯示此法對於沖積層薄層僅能反映等效平均電阻，物理上難以精確區分其內部垂直細部層序，惟針對地層側向延伸則具備優異側向追蹤能力，藉由剖面電性之空間變化趨勢，可有效推定沖積層與下方岩盤界面之延續位置，結果顯示斷層兩側呈現岩盤南側高、北側低之變化趨勢。 2. 由鑽探成果顯示，斷層兩側岩盤為更新世砂岩與上新世泥岩，因岩性緻密性與黏土礦物含量差異，於剖面影像可區分其電性差異與地層分布趨勢。另一方面，受限於地球物理反演之特性，地層界線或斷層

項次	審查意見	意見回覆及辦理情形
		不連續面在影像剖面上多呈現「帶狀」而非「單一界線」。本計畫係針對此電性不連續帶進行地質鑽探驗證，以精確判定斷層位置。 3. 本計畫地電阻成果圖係經由專業反演軟體根據現場量測原始電阻率計算而得，除現場因人為整地影響造成之異常數值外，原始數據未經過任何針對鑽探成果之人為修正。電性不連續帶與鑽探結果之吻合亦顯示此方法反映斷層錯動造成之岩盤面高程差異。
8	P.3.32~P.3-57 各鑽孔之岩性說明，應增加一欄位說明各次層之剪切面及層面角度。	已依建議補充。
9	圖 3.3-14 及圖 3.3-15，岩心照片較暗，難以辨別照片下方文字敘述之特性，請修正。	已調整照片亮度。
10	由碳 14 定年結果，基地之沖積層沉積年代，除了土壤層外，約在 4,800~11,000 年前，此時期為海進，在長期滑移速率的估算，是否有考慮當時海平面位置及沉積物堆積之可能深度？	利用地質鑽探剖面評估斷層長期滑移速率之計算主要有兩種方式：1.由斷層兩側等時線之高程落差及等時線年代相除求得垂直滑移速率、2.計算斷層兩側之地殼垂直變動速率，其兩側差值即為斷層垂直抬升速率，計算參數包含古沉積環境水深、古海水面高程、定年誤差範圍。本計畫依此兩種方法皆有計算評估，然經考量後者方式計算參數較多，每種參數皆包含最大值與最小值(變異性較大)，且定年樣本數與種類較多，樣本年代常有再堆積現象(reworking)，以致地殼垂直變動速率計算程果數值較為發散，難以呈現車瓜林斷層實際長期滑移速率。也因此，本計畫利用第一種方式評估，由於區域內鑽孔分布位置相近，同時期應均位於相同之沉積環境與海平面位置，故採用計算斷層兩側等時線高程差異之方式進行長期滑移速率之計算。

項次	審查意見	意見回覆及辦理情形
11	在影響範圍部份，由 FLAC 程式計算出之上盤影響範圍為 15m，下盤影響範圍為 25m，與一般認為逆移斷層應該是上盤影響較大之認知不同，請說明。	一般逆移斷層之傾角多小於 45°，故斷層錯動時往往造成上盤影響範圍較大而下盤影響範圍較小。本計畫於斷層跡位置布設較密集之鑽孔，由鑽孔岩盤面高程、鑽孔深度、鑽孔距離等推估斷層傾角可達 80°，並由傾角 80°進行 FLAC 數值模擬。因斷層傾角較大，故模擬結果呈現上盤影響範圍(15 公尺)較下盤(25 公尺)小之情形；若以斷層傾角 55°進行模擬，則會呈現一般認知逆移斷層上盤影響較大之現象。
12	承上題，本基地經由 In-SAR、GNSS 及水準測量調查結果顯示，基地內之車瓜林斷層目前為右移型態，幾無垂直變形，但在 FLAC 計算中，採用的是逆移斷層的模式（錯移量為 0.6~1.35 公尺），此計算結果是否符合現地調查結果之斷層型態？請說明。	本基地由 In-SAR 及水準測量調查結果顯示，基地內斷層活動為右移為主，顯示本區域斷層之潛移活動以右移型態，並可推估間震時期之潛移錯移量。然依地質鑽探與生物地層之成果，上、下盤之呈現不同時代之地層，且於岩盤面高程於斷層兩側存在一定落差，指示斷層同震變形錯移仍以逆移斷層之模式為主。故本計畫利用 FLAC 數值模擬針對斷層同震變形時瞬移造成之錯動範圍進行影響範圍評估與劃定，此計算結果符合現地鑽探調查之逆移斷層型態模式。
13	在處理對策部份，由表 4.2-6 所列之管制方式，在瞬移破裂影響範圍中，部份可能列為禁建，若未來土地承租或所有人另外進行地質敏感區調查結果與本報告結果不一致，此對策是否具強制性？若不具強制性，本報告之法律位階為何？	1. 本報告不涉及地質法規定需送審地質敏感區報告之任一土地開發階段，故本身不具法律位階。 2. 依南科管理局於民國 114 年 8 月 21 日與高雄市政府、國土署、台灣糖業(股)公司及地礦中心等單位之研商會議會議紀錄(南建字第 1140031262 號函)結論：「在本報告經第三方審查後，檢送予各單位知悉，並由內政部國土管理署納入高雄新市鎮特定區都市計畫通盤檢討規劃辦理」，故表 4.2-6 所列管制方案僅為本報告初步提案，並非管制方式只有這些選擇，亦非最終管

項次	審查意見	意見回覆及辦理情形
		制手段，然若後續國土署裁決管制方式並納入本基地所屬都市計畫之土地管制規範中，則此時管制就具有強制性，所有承租人及所有人均應依規範辦理相關因應。
黃柏鈞委員		
1	建議補充摘要。	已補充摘要於本報告目錄之前。
2	區域調查地質圖內之岩層位態是否為實際調查成果？若是，建議另補充一圖並標示露頭量測位置及照片。	1. 區域調查地質圖內岩層位態包括本計畫調查及圖幅既有調查資料。 2. 圖 2.4-2 及圖 2.4-3 中有呈現部分露頭點量測位置及照片，並註明岩層層面位態，另於附錄二現地查核紀錄表前補充查核點分布總圖，以利紀錄表對照，詳細露頭照片及位置請參考附錄。
3	細部調查地質剖面圖請補充上層覆蓋物（沖積物）經斷層作用產生之變形現象。另請補充平移斷層之符號。	已依委員意見修正。
4	細部調查地質圖中請補充依調查成果研判斷層之形式（逆移斷層）並標示之。	已依委員意見修正。
許鋸安委員		
1	部分 GIS 繪製之點位或資料分布，其中圖例過於相似，難以直觀分辨。如圖 2.1-3 泥火山區與噴泥口；圖 2.1-4 歷年影像噴泥口。	已將圖 2.1-3 噴泥口及泥漿漫流影響範範圍分別以綠色點及紅色線框標示；圖 2.1-4 歷年影像噴泥口改為綠色點。
2	P3.1 最後一段提到，套疊既有地形資料製作地形陰影及渲染圖…，建議補充「既有」的時間點，是園區開發前還是開發後？部分過於平直的線性，是否可能與開發後人為整地相關。	1. 由於本報告提送時，基地仍在整地工程中，故既有地形資料之既有所指為本計畫開發前。 2. 基地在本計畫開發前，除了滾水坪泥火山區域外，大多以旱作農田及農間小路為主，故部分過於平直的線性，除了既有道路外，應多為農業活動痕跡。
3	表 2.2-1 中古亭坑層地質時代應為中新世晚期至更新世。同理，P2.9 第 3 行，…相當於上新世晚期至更新世，也請一並更正。	已修正古亭坑層年代為中新世晚期至更新世。

項次	審查意見	意見回覆及辦理情形
4	P3-81 小結中(B)上新世岩盤提到，靠近斷層帶之岩盤，局部受斷層擾動影響捲入較年輕之岩塊(如樣品 N-B31-10085)，但 P3-80 中 A. NN19 化石帶卻有樣品 N-B31-10085。是樣品 N-B31-10085 屬上新世岩盤，但因斷層活動混入更新世岩塊；或其屬更新世岩盤，混入上新世岩塊？請查明。	樣品 N-B31-10085 位於地質鑽探 P6 剖面鑽孔 CTB-31 岩盤，岩盤岩性以泥岩為主，此為上新世 R2 岩盤之特徵。該樣品上、下兩側亦包含其他超微化石樣品，年代為 NN15 化石帶，屬上新世。另一方面，在樣品 N-B31-10085 附近岩心呈多處剪切紋理與剪裂泥分布，顯示該區域為靠近斷層，受斷層劇烈影響之範圍。綜上所述，由該樣品上、下兩側超微化石與岩性判釋成果，以及附近岩心剪切構造分布，研判為上新世岩盤，但因斷層活動混入更新世岩塊。
5	P.3-85 表 3.3-10 最下方說明文字疑似有缺漏，請查明。	經查，下方說明文字無缺漏。aff.為 affinis 之縮寫，表示親近或相關於頂端列之超微化石。
6	P.3-86 表 3.3-11 請增加資料來源。	已補充資料來源。
7	P.3-104 (10)地質鑽探剖面小結中 G.與 H.階層應為 A.與 B.，請更正。	已更正。
8	附錄三，頁面上標小字為期中成果報告，期中是否為贅字，請查明？	經查為誤植，已修正為期末報告。
9	附錄四，P6 第四行，…錯誤！找不到參照來源。…請更正。	已重新參考圖說來源。
林正浩委員		
1	請補充摘要，並補充說明泥火山仍為主要的地質活動，泥火山調查結果可參考另一案的調查結果。	1. 已補充摘要於目錄之前。 2. 已補充泥火山有另案辦理調查之說明於摘要及 2.5 節綜合評估中。
2	本計畫所執行內容及成果相關豐碩，極俱參考價值，可供未來於此區開發商或進行其他建設時之參考資料，故於第四章對策的內容，建議可將未來所有可能執行的對策條列，並可補充其他園區於敏感區所採取的方式，提供未來開發商作為參考。	1. 由於基地開發單位除了內政部國土管理署外，主要為各進駐廠商，而各廠商將有不同的用地條件及建築需求，故本計畫已初步針對車瓜林斷層帶提出之三種管制方式，並將內容整理於表 4.2-6，然最終斷層帶因應措施將依民國 114 年 8 月 21 日各政府單位研商會議會議紀錄，以內政部國土管理署通盤檢討結果為準。 2. 目前除了本計畫園區有涉及活動斷層地質敏感區外，僅竹科涉及新

項次	審查意見	意見回覆及辦理情形
		城斷層活動斷層地質敏感區，已將其管制規範整理於表 4.2-4;另外亦整理其他都市計畫針對活動斷層帶的因應管制規定於表 4.2-5 中。
3	p2-8、圖 2-10，主要地質活動為泥火山，區域有無建築？若有，是否可以補充建築圖？	本園區開發計畫已將現生滾水坪泥火山活動區域保留為地質公園，以原地保存特殊地質景觀，並在周邊規劃 10 公尺退縮綠帶，故現生泥火山活動區域將無建築行為。
4	p.2-24，圖 2.3-10，請於圖例註明正負號指向是向東還是西。	已補充說明於圖 2.3-10 之圖例色帶中，向東為"+"，向西為"-"。
5	p.3-90(b)的岩盤內文中，有寫到 CTB-8 鑽孔，但圖 3-22 無該鑽孔，p.3-91(b)岩盤內文中，有寫到 CTB-1 及 CTB-2 鑽孔，但圖 3-23 無該鑽孔，誤植或是引用 p1 及 p2 剖面資料，再請說明清楚或修正。	1. p.3-90(b)應為鑽孔 CTB-9，已修正誤植。 2. p.3-91(b)為誤植，已刪除。
6	過去資料中，車瓜林斷層位於園區內之斷層線為推測位置，而本計畫所做的調查，p-137 依調查結果，提供實際資料推測校正可能較正確的斷層位置，值得肯定。	謝謝委員肯定。

簽證頁

一、開發案名稱：「南部科學園區橋頭園區活動斷層地質敏感區基地地質調查及地質安全評估委託技術服務」

二、委託單位：國家科學及技術委員會南部科學園區管理局

（一）負責人：鄭秀絨

（二）營利事業統一編號：74805158

（三）地址： 744 台南市新市區南科三路二十二號

（四）電話：(06)5051001

三、受託單位：中興工程顧問股份有限公司

四、承辦技師姓名：黃能偉

（一）技師執業機構或事務所：中興工程顧問股份有限公司

（二）地址：台北市松山區南京東路五段 171 號

（三）電話：(02)27698388

（四）技師證書字號：技證字第[redacted]號

（五）技師執業執照字號：技執字第[redacted]號

（六）公會會員證號：中技證字第[redacted]號

（七）公會會員證有效日期：115 年 12 月 31 日

（八）簽證日期： 115 年 3 月 11 日

（九）執業圖記及簽名：

執業圖記	簽名
中興工程顧問股份有限公司 黃能偉 技師 技證字第008072號 專門地質技師	黃能偉

表 1-1 地質敏感區(現地調查)基地地質調查及地質安全評估結果

自主檢核表

開發案名稱	南部科學園區橋頭園區活動斷層地質敏感區基地地質調查及地質安全評估委託技術服務案
併入何種法令規定須送審之書圖文件	無
基地面積(公頃)	263.8

檢核項目		檢核結果	檢核項目	檢核結果
一、辦理人員	**由技師辦理並簽證** (1) 是否符合地質法第 10 條規定之技師？ (2) 是否檢附辦理技師之技師證書影本？ (3) 是否檢附辦理技師之執業執照影本？	■是 □否 ■是 □否 ■是 □否	**自行興辦者** 是否檢附依法取得相當類科技師證書者之技師證書影本？	□是 ■否
是否檢附地質敏感區範圍查詢結果		■是 □否		

二、地質敏感區類別	□地質遺跡地質敏感區 (應繼續勾選表 1-10)	□地下水補注地質敏感區 (應繼續勾選表 1-11)	■活動斷層地質敏感區 (應繼續勾選表 1-12)	□山崩與地滑地質敏感區 (應繼續勾選表 1-13)
基地與地質敏感區疊置面積(公頃)			51.5	

辦理技師/自行興辦人員簽名或蓋章：

黃能偉

表 1-12、活動斷層地質敏感區(現地調查)基地地質調查及地質安全評估結果自主檢核表

基地與地質敏感區重疊面積(細部調查面積)	51.5 (公頃)		
檢核項目	檢核結果	補充說明	備註
基地地質調查內容	**1.區域調查** (1)是否說明活動斷層地形特徵 (2)是否說明地層分布 (3)是否說明地質構造	■是 □否 ■是 □否 ■是 □否		作業準則第 12 條
	2.細部調查 (1) 是否進行地形判釋 (2) 是否進行露頭調查 (3) 是否進行地下地質調查 (4) 是否依規定數量及深度進行地質鑽探	 ■是 □否 ■是 □否 ■是 □否 ■是 □否		作業準則第 13 條
	3.應附圖說(符合作業準則第 14 條規定) (1) 是否檢附區域調查地質圖(比例尺不得小於 1/50,000) (2) 是否檢附細部調查地質圖(比例尺不得小於 1/1,200，面積逾五十公頃者，比例尺得酌予縮小) (3) 是否檢附地質剖面圖(水平比例尺不小於 1/1,200 或活動斷層不在細部調查區內可以其它比例尺) (4) 是否檢附岩心柱狀圖(比例尺不得小於 1/100) (5) 是否檢附探溝立面圖(比例尺不小於 1/100)	 ■是 □否 ■是 □否 ■是 □否 ■是 □否 □是 ■否		1. 作業準則第 14 條 2. 探溝調查為選擇性辦理項目，若無進行探溝調查者，得免附探溝立面圖。
基地地質安全評估內容 是否符合作業準則第 15 條規定	■是 □否		

註: 1.「作業準則」為地質敏感區基地地質調查及地質安全評估作業準則之簡稱

2.依據地質敏感區基地地質調查及地質安全評估作業準則第 12 條至第 15 條訂定。

辦理技師/自行興辦人員簽名或蓋章：

技師證書

技證字第 [redacted] 號



姓　　名：黃能偉
性　　別：男
出生年月日：民國 [redacted] 年 [redacted] 月 [redacted] 日
身分證統一編號：[redacted]
科　　別：應用地質科
考試及格證書字號：(104)專高技字第 [redacted] 號

上列申請人經技師考試及格依法請領技師證書
核與技師法規定相符合行發給證書此證

行政院公共工程委員會
主任委員

許俊逸

中華民國　105　年　3　月　14　日

技師執業執照

技執字第 [redacted] 號



技師　黃能偉　申請執業核與技師法規定

相符合行發給執業執照准予執業登記事項如下：

一、姓名：黃能偉　性別：男

　身分證明文件字號：[redacted]

二、出生年月日：民國 [redacted] 年 [redacted] 月 [redacted] 日

三、執業方式：技師法第 7 條第 1 項第 2 款

四、執業機構名稱：中興工程顧問股份有限公司

　所在地：臺北市松山區南京東路 5 段 171 號 14 樓

五、技師科別及證書字號：應用地質科　技證字第 [redacted] 號

六、執業範圍：（如背面）

七、執照有效期間：自民國 111 年 4 月 22 日至 117 年 4 月 21 日止

行政院公共工程委員會
主　任　委　員

吳澤成

中華民國　111　年　3　月　24　日（換發）

臺中市應用地質技師公會

Taichung Association of Professional Applied Geologists

115 年度　會員證



技師姓名：黃能偉

會員編號：中技證字第[redacted]號

執業證照字號：[redacted]

執業機構：

中興工程顧問(股)公司

有效期間：

民國 115 年元月 1 日至

民國 115 年 12 月 31 日

臺中市應用地質技師公會

Taichung Association of Professional Applied Geologists

TEL：(04)2393-6322　FAX：(04)2391-4065

411 台中市太平區育賢路 100 號 1 樓　統編：47384554

taichung.appgeologists@gmail.com

應用地質技師執業範圍：

從事地質調查及測繪；礦床探勘及蘊藏量評估、礦藏評價、礦物鑑定、地球化學分析；工程地質調查及測繪、地質鑽探、土層及岩心鑑定岩石與土壤性質試驗；地球物理探勘及分析；水文地質調查及測繪；環境地質調查及測繪；古生物鑑定、地層鑑定等。

摘要

本計畫係國家科學及技術委員會南部科學園區管理局（以下簡稱南科局）依《地質法》及「地質敏感區基地地質調查及地質安全評估作業準則」之規範內容，針對橋頭園區(以下簡稱本基地)，進行車瓜林斷層活動斷層地質敏感區基地地質調查及地質安全評估，釐清車瓜林斷層在園區之斷層跡及活動影響範圍，以供後續園區開發之地質條件評估及開發對於車瓜林斷層活動影響之因應對策參考，並作為都市計畫通盤檢討劃定禁限建範圍之參據。

調查工作範圍界定及內容執行規劃，主要係依「地質敏感區基地地質調查及地質安全評估作業準則」第二條、第十二條及第十四條之規定辦理。區域調查範圍由本基地往東延伸至內門丘陵；往西則至橋頭車站附近，總調查面積約 4,227 公頃，工作內容主要包括資料蒐集、區域地形判釋及區域現地查核。由調查結果顯示，計畫區域出露的地層單元包括分布於平原區及本計畫基地的沖積層及臺地堆積層、於丘陵區的崎頂層（包括雞冠山石灰岩）及古亭坑層（包括雞南山透鏡體）；區域地質構造則包括南安老向斜、車瓜林斷層、深水斷層及旗山斷層，其中車瓜林斷層通過本基地，其主斷層跡位於古亭坑層泥岩中，往西南延伸至本基地由沖積層覆蓋及人為整地影響，構造線型及特徵已不復見，惟既有資料顯示其具有逆斷層性質，距今數千年以來在基地區域已造成斷層兩側老岩盤深度落差，而近期活動以向西橫移為主，位移速度約 1-2cm/yr，屬於右移斷層，速度變化影響範圍寬度可能超過 330 公尺，故車瓜林斷層為一逆衝兼具右移性質之活動斷層；而基地內之滾水坪泥火山有多個噴泥口，活動歷史最早至少可追溯至 1910 年代，可依其活動時間、頻率及位置分為主要、間歇及突發性活動區，而各區泥漿通道則迂迴於地下，惟目前基地開發已將現生活動區域劃為地質公園，以原地保存特殊地質景觀，降低基地開發與泥火山之交互影響，有關滾水坪泥火山之進一步調查成果可參考「南部科學園區高雄第二(橋頭)園區土地開發工程設計監造工作委託技術服務案」計畫相關報告。

細部調查範圍為本基地與車瓜林斷層活動斷層地質敏感區之重疊範圍，總面積約 51.5 公頃，工作內容主要包括活動斷層地形判釋、基地現地地形及露頭查核、地表形變分析、地電阻影像剖面探測、地下地質鑽探及機率式斷層位移危害

度分析與影響範圍數值模擬等。首先套疊像片基本圖、Google 歷史影像、基地開發前既有地形測量資料製作地形陰影及渲染圖等，並建立與車瓜林斷層跡走向正交之 5 條地形剖面進行地形判釋，顯示基地內存在貝殼狀階地高區，地礦中心公布之斷層跡大致沿高程約 23 至 25 公尺一帶通過，惟較明顯可辨之線形崖大致以滾水坪泥火山為中心往北呈放射狀分布，其形成原因應與泥火山的長期斷續噴發有關，而車瓜林斷層相關活動則未在基地範圍內留下明顯的地表跡證，且基地地形現況已非原始樣貌，本計畫另利用遙測影像合成孔徑干涉雷達(Interferometric Synthetic Aperture Radar, InSAR)地表變形監測技術，包括 2017~2024 年歷史影像，並新設 5 點角反射器加強 2024 年影像結果，及新設 9 站大地測量監測站配合既有 6 處監測站進行為期 1 年半之大地測量監測等兩方式，來獲取基地地表變形特徵，結果顯示兩種方法所得之地表位移速度變化趨勢相當，基地南、北側地表均往西側位移，惟南側較北側移動速度快約 1-2cm/yr 的速度差異則造成兩側有相對右移的情況，且在垂直方向上，兩側的位移速度差異極小，故推估車瓜林斷層近期以右移性質為主，而該速度變化帶區域則為斷層潛移變形影響區域，帶寬約 145~380 公尺，然斷層跡位置及特性仍須仰賴地下探查成果。

為釐清車瓜林斷層之地表斷層跡、斷層影響範圍及活動性，本計畫依「地質敏感區基地地質調查及地質安全評估手冊」(地礦中心，2024)中，針對斷層地下探查方法及數量之建議辦理，利用基地環評階段既有資料、本計畫 4 條長度各為 800 公尺之地電阻影像剖面及 32 孔孔深各為 52~200 公尺之地質鑽探成果，建立 9 條近垂直斷層走向地質剖面顯示，電性地層 A 層於北側分布深度約 50~80 公尺，南側分布深度約 20~40 公尺；B 層於北側分布深度在 50~80 公尺之下，南側分布深度約 20~40 公尺之下，此南、北側差異現象大致與鑽探之沖積層厚度及岩盤深度變化差異相符。此外，兩側岩盤之岩性及產狀亦存在差異，北側岩盤為層面較緩且交結鬆散之砂岩夾泥質砂岩及泥岩；南側則為層面陡、堅實且常有剪切紋理之泥岩夾砂岩及礫岩，再由 84 組碳十四定年及 23 組超微化石定年結果，確認南、北側岩盤除前述差異外，地層年代亦無法對比，顯示地層具有明顯不連續性，且距今 10,000 年、8,000 年及 6,000 年前之等時線均已受到撓曲，代表車瓜林斷層自距今 10,000 年前以來即具持續活動紀錄，顯示其為具長期活

動性之斷層，搭配鑽探剖面推估之斷層傾角，估算車瓜林斷層自距今 10,000 年前以來之長期滑移速率介於 1.74 至 5.37 mm/yr，此為斷層錯動之證據，並據以判釋車瓜林斷層於基地內之斷層跡應通過產 2-1、2-2、2-3、2-5 及 2-6 等產專坵塊。將本計畫判釋之斷層跡與活動斷層地質敏感區劃定計畫書-F0023 車瓜林斷層(地礦中心，2023）及地質敏感區劃設範圍進行比較，顯示本計畫判釋之車瓜林斷層斷層跡位置整體與地礦中心公布資料大致相符，然於產 2-3 與產 2-6 區段間，本次判釋之斷層跡較地礦中心資料略偏北，最大差距處可達約 130 公尺。

為進一步評估車瓜林斷層錯移量對地表造成之影響及範圍，本計畫另利用前述地下探查成果，以機率式斷層位移危害度分析（Probabilistic Fault Displacement Hazard Analysis, PFDHA）取得車瓜林斷層再現周期 475 年與 2,500 年對應之錯移量，並挑選基地內具代表性之東、西兩側各一條剖面，使用數值分析軟體 FLAC 進行二維動力模擬分析地表破裂之情形，藉以探討在不同錯移量及不同地下地質條件下，斷層活動對地層變形與地表破裂分佈範圍之影響。模擬結果顯示，在最大錯移情境下(再現周期 2,500 年，錯移量 1.35 公尺)，斷層錯移造成的影響範圍沿本計畫判釋之斷層跡延伸，寬度達 40 公尺，集中於斷層上盤約 15 公尺、下盤約 25 公尺處。

綜合以上調查與分析成果，車瓜林斷層之斷層帶影響範圍並非對稱分布於斷層跡兩側，而是包含斷層跡但主要集中於斷層跡南側(上盤)區域，斷層帶範圍大致呈帶寬 180~415 公尺，以東寬西窄之條帶狀穿越本基地產 2-1、2-2、2-3、2-5、2-6、2-7 及 2-8 等產專坵塊，對基地的影響則可分為同震期間造成的瞬移破裂及間震期間斷層緩慢滑動造成的潛移變形等兩種破壞形式，前者屬於快速錯動且具破壞性的錯動或變形，其破壞區域以斷層跡上下盤為主；後則則為緩慢累積的長期地表變形，其變形區域大都位於斷層上盤，影響範圍廣泛。

由於地質敏感區公告之目的在於依法落實地質環境調查、防災與減災之安全設施規劃，並非一律強制限制開發，就現行法規而言，本計畫基地並非各法規所定之活動斷層帶建築管制適用對象，且「高雄新市鎮特定區第二期細部計畫（科學園區部分）都市設計規範」及「高雄市建築管理自治條例」亦未訂有活動斷層相關之土地或建築管理規範。然《建築技術規則》第 262 條明定可依活動斷層歷史最大地震規模劃設兩側不得開發建築範圍；雖車瓜林斷層無歷史地震紀錄，本

計畫仍以機率式斷層位移分析推估其最大可能地震規模為 6.64，對應規定可採斷層兩側各 50 公尺作為瞬移破裂因應的參考範圍。在實務案例方面，參考新竹科學園區新城斷層地質敏感區之管制方式及其他都市計畫案例，多以斷層瞬移破裂範圍訂定禁限建，寬度亦多為兩側各 50 公尺，與前述法規推導一致，惟目前仍缺乏針對潛移變形範圍之成熟因應規範。

考量瞬移錯動可能造成突發性災害、潛移變形可能導致建築旋轉、變形與裂損等持續性損傷，且斷層再活動影響範圍具有不確定性，本計畫初步提出三種因應管制方式，後續程序將依南科管理局與相關單位 114 年 8 月 21 日研商會議結論，在本報告完成第三方審查後送各單位知悉，並由內政部國土管理署納入高雄新市鎮特定區都市計畫通盤檢討辦理，最終斷層帶因應措施以通盤檢討結果為準。至於園區建築耐震設計，建議參考國震中心（2022.09）近斷層耐震需求修訂建議，車瓜林近斷層區域之震區係數可比照旗山斷層近斷層震區細係數。另凡涉及地礦中心公告之 F0023 車瓜林斷層地質敏感區者，不論是否位於本計畫推估斷層帶內，開發單位仍應依《地質法》辦理基地地質調查與地質安全評估；本報告成果可供參酌，但因斷層活動與影響範圍具不確定性，後續工程仍應依法補充必要調查、提高精度並研擬具體對策，以提升設施安全並降低災害風險；有鑑於車瓜林斷層近期以潛移活動為主，建議未來可於產業專用區進行 GPS、結構傾斜計、伸縮縫變位計、水準測量樁點及管線應變/變位監測器等，以提供各項廠房及設施進行定期檢修維護之參據。

車瓜林斷層活動斷層地質敏感區基地地質調查及地質安全評估報告

目錄

摘要 I
第一章 前言 1-1
1.1 緣起 1-1
1.2 橋頭園區開發計畫簡述 1-2
1.3 地質敏感區與計畫基地範圍之關聯性 1-3
1.4 工作內容 1-9
第二章 區域調查 2-1
2.1 活動斷層地形特徵 2-1
2.1.1 區域地形概述 2-1
2.1.2 區域地形判釋特徵 2-2
2.2 區域地層分布 2-9
2.3 區域地質構造 2-12
2.4 區域現地查核 2-25
2.5 綜合評估 2-37
第三章 細部調查 3-1
3.1 地形判釋 3-1
3.1.1 活動斷層地形特徵 3-1
3.1.2 現地地形查核 3-4
3.1.3 地表形變分析 3-7
3.2 露頭調查 3-18
3.2.1 地層描述 3-18
3.2.2 活動斷層與地表破裂位置分布 3-18

3.3 地下地質調查 3-18
3.3.1 地電阻影像剖面探測 3-19
3.3.2 地質鑽探調查與定年試驗分析 3-28
3.4 機率式斷層位移危害度分析與影響範圍數值模擬 3-115
3.4.1 機率式斷層位移危害度分析 3-115
3.4.2 影響範圍數值模擬 3-121
3.5 細部調查成果綜合研判 3-132
第四章 基地地質安全評估 4-1
4.1 開發行為安全評估 4-1
4.2 處理對策 4-3
第五章 結論與建議 5-1
參考文獻 i
附錄一 地質敏感區範圍查詢結果
附錄二 現地查核紀錄
附錄三 InSAR 地表形變分析工作成果報告
附錄四 GPS 及水準點測量監測工作成果報告
附錄五 鑽探岩心照片
附錄六 鑽探岩心柱狀圖
附錄七 碳十四定年成果報告
附錄八 機率式斷層位移危害度分析成果報告

表目錄

表 1.3–1 基地範圍與活動斷層地質敏感區重疊範圍區地號資訊一覽表.....1-4
表 2.1–1 滾水坪泥火山地表活動情況一覽表.....2-8
表 2.2–1 計畫區域地層分布與特性一覽表.....2-11
表 2.3–1 計畫區域地質構造分布與特性一覽表.....2-16
表 3.1–1 本計畫採用之 Sentinel-1 影像規格參數表.....3-8
表 3.1–2 本計畫新布設角反射器及大地監測站座標一覽表.....3-8
表 3.3-1 地電阻影像剖面探測測線資料表.....3-20
表 3.3-2 地電阻測線 RIP-1 之深度與電阻率分布簡表.....3-22
表 3.3-3 地電阻測線 RIP-2 之深度與電阻率分布簡表.....3-23
表 3.3-4 地電阻測線 RIP-3 之深度與電阻率分布簡表.....3-24
表 3.3-5 地電阻測線 RIP-4 之深度與電阻率分布簡表.....3-26
表 3.3-6 活動斷層地質敏感區細部調查面積與鑽探數量對照表.....3-29
表 3.3-7 細部調查地質鑽孔資訊表.....3-30
表 3.3-8 碳十四定年試驗成果表.....3-76
表 3.3-9 超微化石鑑定分析成果.....3-84
表 3.3-10 超微化石鑑定種屬表.....3-87
表 3.3-11 超微化石鑑定主要指準化石年代分布表.....3-88
表 3.3-12 地質鑽探剖面判釋之斷層跡延伸位置與影響範圍一覽表.....3-107
表 3.3-13 地質鑽探剖面沖積層年代分布範圍一覽表.....3-108
表 3.3-14 鑽探剖面等時線推估之海拔高程.....3-109
表 3.3-15 等時線計算長期滑移速率一覽表.....3-114
表 3.4-1 車瓜林斷層 PFDHA 參數一覽表.....3-115
表 3.4-2 場址發生主要位移機率密度函數.....3-118
表 3.4-3 斷層主要破裂位移預測公式表.....3-119
表 3.4-4 車瓜林斷層位移危害度分析成果.....3-120

表 3.4-5 簡化土層分層與參數表.....3-122
表 3.4-6 數值分析案例分配一覽表.....3-123
表 3.4-7 角變量與建築物損壞程度(Bjerrum,1963).....3-124
表 3.4-8 斷層位移影響數值模擬分析成果彙整表.....3-124
表 4.2–1 產業專用區與活動斷層地質敏感區重疊面積一覽表.....4-6
表 4.2–2 產業專用區與本計畫推估斷層帶重疊面積一覽表.....4-7
表 4.2-3 有關活動斷層帶建築管制現行法規.....4-8
表 4.2-4 竹科針對新城斷層建築管制規範.....4-9
表 4.2-5 其他既有都市計畫針對活動斷層帶的土地使用分區要點規定.....4-10
表 4.2-6 本計畫針對斷層帶之三種管制方式提案.....4-11
表 4.2–7 產業專用區與土地使用管制方案 1 範圍重疊面積一覽表.....4-13
表 4.2–8 產業專用區與土地使用管制方案 2 範圍重疊面積一覽表.....4-13

圖目錄

圖 1.2–1 橋頭園區基地範圍與規劃土地使用分區計畫圖.....1-2
圖 1.3–1 基地範圍與車瓜林活動斷層地質敏感區關係圖.....1-3
圖 1.3–2 計畫基地範圍與地質敏感區重疊區內之土地地號圖.....1-8
圖 1.4–1 活動斷層地質敏感區基地地質調查及地質安全評估作業流程圖.....1-10
圖 1.4–2 本計畫區域及細部調查範圍圖.....1-11
圖 2.1–1 計畫區域地形圖.....2-2
圖 2.1–2 本計畫區域地形判釋結果(東側).....2-5
圖 2.1–3 本計畫區域地形判釋結果(西側).....2-6
圖 2.1–4 本計畫更新滾水坪泥火山地形判釋結果.....2-7
圖 2.1–5 本計畫更新滾水坪泥火山地表活動範圍分布圖.....2-9
圖 2.2–1 計畫區域地質圖.....2-12
圖 2.3–1 區域調查範圍車瓜林斷層相關既有資料分布圖.....2-17
圖 2.3–2 車瓜林斷層沿線地表特徵及位態一覽圖.....2-18
圖 2.3–3 高 40 公路剖面清理後影像圖及立面測繪結果.....2-19
圖 2.3–4 推估車瓜林斷層南段的地表潛移位置(富國工程，2015).....2-20
圖 2.3–5 橋頭園區環評階段基地地質調查成果.....2-21
圖 2.3–6 地礦中心(2023)解釋施泉賢(2020)Y1 震測剖面.....2-22
圖 2.3–7 車瓜林 1B 鑽孔鑽遇斷層岩心照片(顏一勤，2019).....2-23
圖 2.3–8 橋頭園區環評階段推估之岩盤等深圖.....2-23
圖 2.3–9 橋頭園區附近區域 GPS 及水準點監測速度場圖.....2-24
圖 2.3–10 藍振維等(2021)滾水坪 ATS-InSAR 分析東西方向成果.....2-25
圖 2.4–1 區域現地查核點分布圖.....2-29
圖 2.4–2 區域現地查核成果圖(東調查區)1/2.....2-30
圖 2.4–3 區域現地查核成果圖(東調查區)2/2.....2-31
圖 2.4–4 區域現地查核成果圖(中調查區).....2-32

圖 2.4–5 區域現地查核成果圖(西調查區) 2-33
圖 2.4–6 泥火山區域地電阻影像剖面泥漿通道及泥流堆積判釋結果 2-34
圖 2.4–7 泥火山區域鑽探岩心貫入泥層判釋結果 2-35
圖 2.4–8 滾水坪泥火山地下潛在泥漿通道分布圖 2-36
圖 2.5–1 本計畫 1/50,000 區域調查地質圖 2-39
圖 3.1–1 細部調查範圍套匯 1/5000 像片基本圖成果 3-2
圖 3.1–2 細部調查範圍套匯 Google 衛星影像成果圖 3-2
圖 3.1–3 細部調查範圍地形判釋成果圖 3-3
圖 3.1–4 細部調查現地查核成果圖 1/2 3-5
圖 3.1–5 細部調查現地查核成果圖 2/2 3-6
圖 3.1–6 基地區域角反射器及大地測量點位置 3-9
圖 3.1–7 基地區域 2017-2021 年 InSAR 分析東西向拆解成果圖 3-11
圖 3.1–8 基地區域 2017-2021 年 InSAR 分析垂直向拆解成果圖 3-11
圖 3.1–9 基地區域 2017-2021 年之 InSAR 變形速度剖面圖 3-12
圖 3.1–10 基地區域 2021 年 12 月-2024 年 InSAR 分析東西向拆解成果圖 3-12
圖 3.1–11 基地區域 2021 年 12 月-2024 年 InSAR 分析垂直向拆解成果圖 3-13
圖 3.1–12 基地區域 2021 年 12 月-2024 年之 InSAR 變形速度剖面圖 3-13
圖 3.1–13 本計畫設置角反射器 2024 年之 InSAR 變形速度剖面圖 3-14
圖 3.1–14InSAR 剖面速度變化帶投影至地表位置圖 3-14
圖 3.1–15 本計畫與環評案大地監測水平向位移速度綜合成果圖 3-16
圖 3.1–16 基地區域地礦中心大地監測水平向位移速度綜合成果圖 3-16
圖 3.1–17 本計畫與環評案大地監測垂直向位移速度綜合成果圖 3-17
圖 3.1–18 綜合 InSAR 速度變化帶及大地監測速度變化區域圖 3-17
圖 3.3-1 電阻率與對應岩性關係圖 3-19
圖 3.3-2 地電阻影像剖面探測測線位置圖 3-20
圖 3.3-3 地電阻測線 RIP-1 成果解釋圖 3-21

圖 3.3-4 地電阻測線 RIP-2 成果解釋圖 3-23
圖 3.3-5 地電阻測線 RIP-3 成果解釋圖 3-24
圖 3.3-6 地電阻測線 RIP-4 成果解釋圖 3-26
圖 3.3-7 地電阻測線成果空間分布圖 3-27
圖 3.3-8 細部調查地質鑽孔位置圖 3-29
圖 3.3-9 地質鑽孔岩心柱狀圖(1/5) 3-59
圖 3.3-10 地質鑽孔岩心柱狀圖(2/5) 3-60
圖 3.3-11 地質鑽孔岩心柱狀圖(3/5) 3-61
圖 3.3-12 地質鑽孔岩心柱狀圖(4/5) 3-62
圖 3.3-13 地質鑽孔岩心柱狀圖(5/5) 3-63
圖 3.3-14 沖積層地層之岩心照片 3-65
圖 3.3-15 岩盤地層之岩心照片 3-66
圖 3.3-16 斷層帶核心(fault core)與破壞帶(damage zone)示意圖 3-67
圖 3.3-17 具剪切構造之岩心照片 3-68
圖 3.3-18 具泥漿通道之岩心照片 3-70
圖 3.3-19 波速井測調查成果 3-71
圖 3.3-20 細部調查地質鑽探 P1 剖面圖 3-99
圖 3.3-21 細部調查地質鑽探 P2 剖面圖 3-100
圖 3.3-22 細部調查地質鑽探 P3 剖面圖 3-101
圖 3.3-23 細部調查地質鑽探 P4 剖面圖 3-102
圖 3.3-24 細部調查地質鑽探 P5 剖面圖 3-103
圖 3.3-25 細部調查地質鑽探 P6 剖面圖 3-104
圖 3.3-27 地質鑽探剖面判釋之斷層跡延伸位置與影響範圍分布圖 3-107
圖 3.4-1 車瓜林斷層 PFDHA 邏輯樹 3-116
圖 3.4-2 地震法機率式斷層位移危害度分析流程圖 3-116
圖 3.4-3 純粹特徵地震規模分布圖 3-118

圖 3.4-4 車瓜林斷層之斷層位移危害度曲線.....3-120
圖 3.4-5 FLAC 計算週期示意圖(Itasca, 2016).....3-121
圖 3.4-6 P1 剖面之 FLAC 數值模型圖 3-125
圖 3.4-7 P6 剖面之 FLAC 數值模型圖 3-125
圖 3.4-8 再現周期 475 年錯移量 P1 剖面垂直位移分布圖 3-126
圖 3.4-9 再現周期 475 年錯移量 P1 剖面角變量分布圖 3-126
圖 3.4-10 再現周期 475 年錯移量 P1 剖面大於容許角變量分布圖.....3-127
圖 3.4-11 再現周期 2,500 年錯移量 P1 剖面垂直位移分布圖 3-127
圖 3.4-12 再現周期 2,500 年錯移量 P1 剖面角變量分布圖 3-128
圖 3.4-13 再現周期 2,500 年錯移量 P1 剖面大於容許角變量分布圖 3-128
圖 3.4-14 再現周期 475 年錯移量 P6 剖面垂直位移分布圖.....3-129
圖 3.4-15 再現周期 475 年錯移量 P6 剖面角變量分布圖 3-129
圖 3.4-16 再現周期 475 年錯移量 P6 剖面大於容許角變量分布圖.....3-130
圖 3.4-17 再現周期 2,500 年錯移量 P6 剖面垂直位移分布圖 3-130
圖 3.4-18 再現周期 2,500 年錯移量 P6 剖面角變量分布圖 3-131
圖 3.4-19 再現周期 2,500 年錯移量 P6 剖面大於容許角變量分布圖 3-131
圖 3.5-1 細部調查成果綜合判釋圖(園區東側) 3-135
圖 3.5-2 細部調查成果綜合判釋圖(園區中央) 3-136
圖 3.5-3 細部調查成果綜合判釋圖(園區西側) 3-137
圖 3.5-4 斷層跡延伸位置調查成果對比圖 3-138
圖 3.5-5 斷層帶影響範圍調查成果對比圖 3-138
圖 3.5-6 細部調查地質圖(縮圖) 3-139
圖 3.5-7 細部調查岩盤岩性組合圖(縮圖) 3-140
圖 4.1-1 本計畫綜合評估之車瓜林斷層斷層帶影響範圍圖 4-2
圖 4.2–1 產業專用區與敏感區重疊面積分布圖 4-6
圖 4.2–2 產業專用區與本計畫推估斷層影響範圍重疊面積分布圖.....4-7

圖 4.2–3 產業專用區與土地使用管制方案 1 範圍重疊面積分布圖 4-12
圖 4.2–4 產業專用區與土地使用管制方案 2 範圍重疊面積分布圖 4-12

第一章 前言

1.1 緣起

經濟部地質調查及礦業管理中心(以下簡稱地礦中心)於民國 111 年 1 月 4 日以新聞稿公布臺灣「2021 年新版活動斷層分布圖」，新增初鄉斷層、口宵里斷層及車瓜林斷層等 3 條活動斷層。嗣於 112 年 1 月 30 日以經授地字第 11259000110 號預告「活動斷層地質敏感區(F0023 車瓜林斷層)」劃定計畫書（草案），並於 112 年 7 月 5 日以經地字第 11259050090 號正式公告「活動斷層地質敏感區(F0023 車瓜林斷層)」。依公告內容顯示，車瓜林活動斷層地質敏感區涉及高雄市內門區、旗山區、田寮區、燕巢區與橋頭區，斷層南段部分範圍與南部科學園區橋頭園區(以下簡稱橋頭園區)基地範圍重疊。

國家科學及技術委員會南部科學園區管理局（以下簡稱南科局）研提之「南部科學園區橋頭園區開發計畫環境影響評估報告書」(以下簡稱橋科環評報告書)，經行政院環境保護署 110 年 12 月 15 日環署綜字第 1100076885A 號函同意認可，在其環境影響評估時，即對橋頭園區基地地質條件進行調查研究，研判橋頭園區地下存有具近期活動跡證之地質構造。

南科局考量經濟部已公告「活動斷層地質敏感區(F0023 車瓜林斷層)劃定計畫書」在案，遂推動本「南部科學園區橋頭園區活動斷層地質敏感區基地地質調查及地質安全評估委託技術服務案」(以下簡稱本計畫)。本計畫之工作目的為提供橋頭園區發展實質幫助，包括：

1. 依地質法規定完成「活動斷層地質敏感區基地地質調查及地質安全評估報告」，供後續園區開發之地質條件評估參考。
2. 釐清車瓜林斷層在園區之斷層跡及活動影響範圍，作為都市計畫通盤檢討劃定禁限建範圍之參據。
3. 提供園區開發對於車瓜林斷層活動影響之因應對策參考。

1.2 橋頭園區開發計畫簡述

為紓解高雄都會區中心都市成長壓力，營建署自民國 81 年起執行開發高雄新市鎮特定區計畫，橋頭園區即為該計畫預定發展區之一，為配合產業發展需求及促進加速投資政策，內政部於 107 年 10 月 16 日依新市鎮開發條例先行變更為高雄第二科學園區腹地，園區腹地範圍東西向介於國 1 高速公路及高鐵之間，北以通燕路、滾水路為界，南臨國立高雄科技大學第一校區，土地使用屬性以產業專用區為主，分為第一種產業(產 1)及第二種產業(產 2)專用區，詳圖 1.2–1，本報告後續所稱計畫基地範圍即為此區，總面積約 264 公頃。

依高雄新市鎮特定區開發方式，橋頭園區以區段徵收方式開發，而高雄市政府已於 110 年 10 月 4 日起至 110 年 11 月 3 日公告徵收 30 日，正式啟動高雄新市鎮第二期發展區之實質開發作業，並已開始進行地上物整地相關作業。園區內未來規劃引進半導體、航太、智慧機械、精準健康及產業創新等 5 大產業，以在地產業升級、虛實整合，導向「AIoT」領域發展為方向，以引領未來產業發展趨勢。

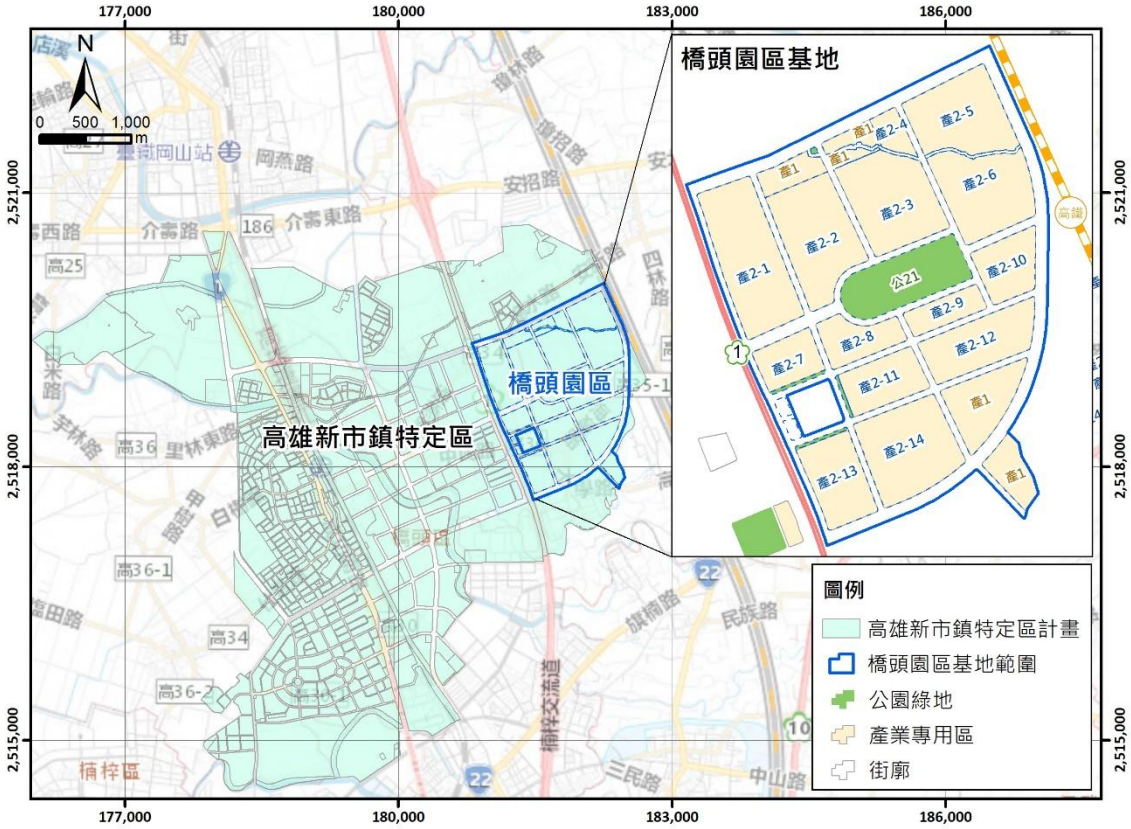


圖 1.2–1 橋頭園區基地範圍與規劃土地使用分區計畫圖

1.3 地質敏感區與計畫基地範圍之關聯性

依地礦中心於民國 112 年 7 月 5 日經地字第 11259050090 號公告訂定「活動斷層地質敏感區(F0023 車瓜林斷層)」範圍，套繪至橋頭園區之情形如圖 1.3–1，並利用地礦中心「地質敏感區查詢系統」(https://gsa.gsmma.gov.tw/gwh/gsb97-1/sys_2014b_pg/index.cfm)及高雄市光特版地政電傳全方位地籍資料查詢系統(https://pqt-kcgetw.land.nat.gov.tw/homePage/content.jsp)，查詢基地開發範圍涉及地質敏感區土地之情況。

查詢結果顯示，橋頭園區基地內產業專用區 2-1~2-8、筆秀溪排水及中央地質公園區域有部分與活動斷層地質敏感區範圍重疊，重疊之土地地號包括高雄市橋頭區橋科段、燕巢區燕科段及代天府段等共 47 筆(詳表 1.3–1 及圖 1.3–2)，地質敏感區範圍查詢結果詳見附錄一。本計畫依地質法相關規定提出「地質敏感區基地地質調查及地質安全評估報告」，供後續園區開發之地質條件評估參考。

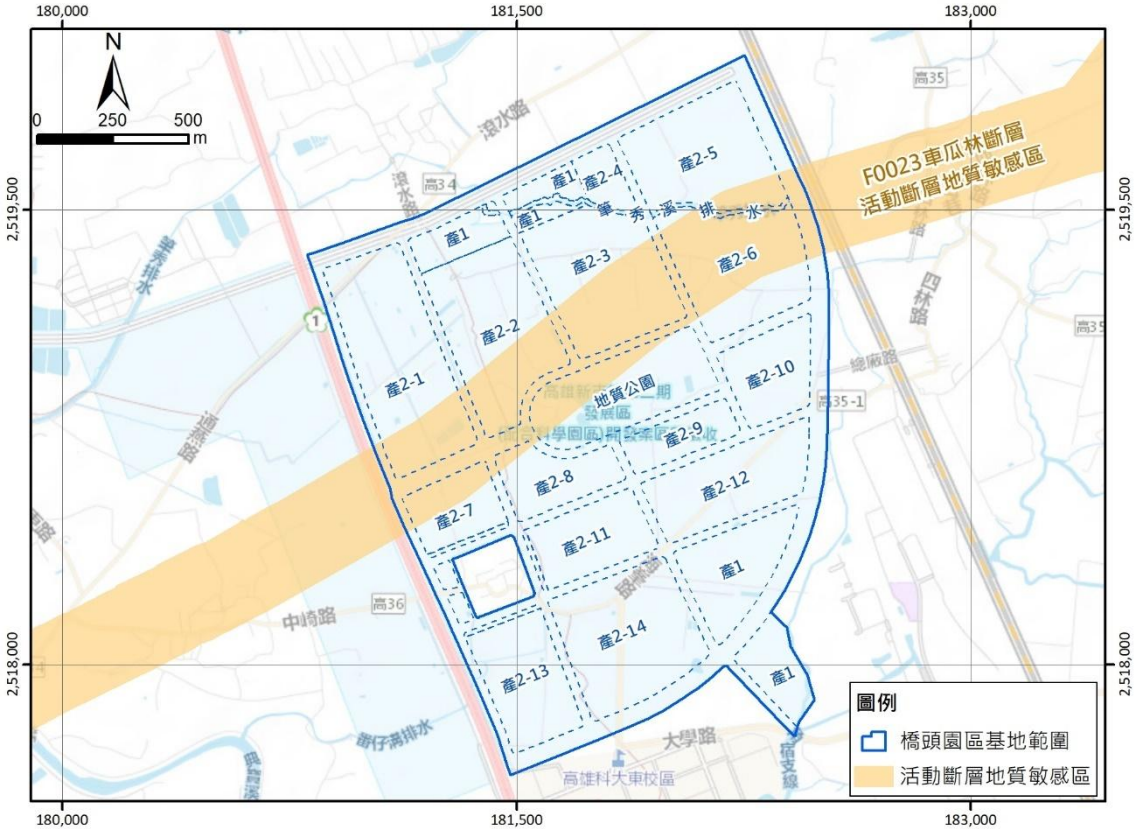


圖 1.3–1 基地範圍與車瓜林活動斷層地質敏感區關係圖

表 1.3–1 基地範圍與活動斷層地質敏感區重疊範圍區地號資訊一覽表

項次	縣市別	鄉鎮區別	地段	地號	謄本面積 (m^2)	地號是否涉及地質敏感區	地號與敏感區重疊面積 (m^2)	基地與地號重疊面積 (m^2)	基地與地號重疊範圍是否位於地質敏區	需細部調查之面積 (m^2)	備註
1	高雄市	橋頭區	橋科段	1	18550.23	否	0	18550.23	否	0	未涉及
2	高雄市	橋頭區	橋科段	2	73848.61	是	32366.14	73848.61	是	32366.14	部分重疊
3	高雄市	橋頭區	橋科段	3	10105.18	否	5756.76	10105.18	否	5756.76	部分重疊
4	高雄市	橋頭區	橋科段	4	21469.52	是	5756.76	21469.52	是	5756.76	部分重疊
5	高雄市	橋頭區	橋科段	5	196499.98	是	46184.37	196499.98	是	46184.37	部分重疊
6	高雄市	橋頭區	橋科段	6	19276.77	是	4343.11	19276.77	是	4343.11	部分重疊
7	高雄市	橋頭區	橋科段	7	23463.25	是	21029.94	23463.25	是	21029.94	部分重疊
8	高雄市	橋頭區	橋科段	8	4983.19	是	2482.67	4983.19	是	2482.67	部分重疊
9	高雄市	橋頭區	橋科段	9	8689.65	是	8689.65	8689.65	是	8689.65	全部重疊
10	高雄市	橋頭區	橋科段	10	8519.11	是	8519.11	8519.11	是	8519.11	全部重疊
11	高雄市	橋頭區	橋科段	11	3970.90	是	1537.42	3970.90	是	1537.42	部分重疊
12	高雄市	橋頭區	橋科段	12	39432.99	是	26918.44	39432.99	是	26918.44	部分重疊
13	高雄市	橋頭區	橋科段	12-1	19761.95	否	0	19761.95	否	0	未涉及
14	高雄市	橋頭區	橋科段	12-2	3478.29	否	0	3478.29	否	0	未涉及
15	高雄市	橋頭區	橋科段	13	6928.89	是	3487.95	6928.89	是	3487.95	部分重疊
16	高雄市	橋頭區	橋科段	14	16796.11	否	0	16796.11	否	0	未涉及
17	高雄市	橋頭區	橋科段	15	4247.74	否	0	4247.74	否	0	未涉及
18	高雄市	橋頭區	橋科段	16	486.19	否	0	486.19	否	0	未涉及
19	高雄市	橋頭區	橋科段	16-1	1039.99	否	0	1039.99	否	0	未涉及
20	高雄市	橋頭區	橋科段	17	2991.43	否	0	2991.43	否	0	未涉及
21	高雄市	橋頭區	橋科段	18	21574.56	否	0	21574.56	否	0	未涉及
22	高雄市	橋頭區	橋科段	19	3946.04	否	0	3946.04	否	0	未涉及
23	高雄市	橋頭區	橋科段	20	60227.02	否	0	60227.02	否	0	未涉及
24	高雄市	橋頭區	橋科段	21	106729.95	否	0	106729.95	否	0	未涉及
25	高雄市	橋頭區	橋科段	22	14102.74	否	0	14102.74	否	0	未涉及
26	高雄市	橋頭區	橋科段	23	17717.33	否	0	17717.33	否	0	未涉及
27	高雄市	橋頭區	橋科段	24	6841.98	否	0	6841.98	否	0	未涉及
28	高雄市	橋頭區	橋科段	142	1047.97	否	0	1047.97	否	0	未涉及
29	高雄市	橋頭區	橋科段	143	334.93	否	0	334.93	否	0	未涉及
30	高雄市	橋頭區	橋科段	144	1140.05	否	0	1140.05	否	0	未涉及
31	高雄市	橋頭區	橋科段	145	3563.66	否	0	3563.66	否	0	未涉及
32	高雄市	橋頭區	橋科段	146	878.11	否	0	878.11	否	0	未涉及
33	高雄市	橋頭區	橋科段	147	1132.71	否	0	1132.71	否	0	未涉及
34	高雄市	橋頭區	橋科段	148	1921.05	否	0	1921.05	否	0	未涉及

項次	縣市別	鄉鎮區別	地段	地號	謄本面積(m^2)	地號是否涉及地質敏感區	地號與敏感區重疊面積(m^2)	基地與地號重疊面積(m^2)	基地與地號重疊範圍是否位於地質敏感區	需細部調查之面積(m^2)	備註
35	高雄市	橋頭區	橋科段	149	836.82	否	0	836.82	否	0	未涉及
36	高雄市	橋頭區	橋科段	150	413.61	否	0	413.61	否	0	未涉及
37	高雄市	橋頭區	橋科段	154	6698.38	否	0	6698.38	否	0	未涉及
38	高雄市	橋頭區	橋科段	293	2141.88	否	0	2141.88	否	0	未涉及
39	高雄市	燕巢區	燕科段	1	154084.89	是	19054.42	154084.89	是	19054.42	部分重疊
40	高雄市	燕巢區	燕科段	2	28247.49	否	0	28247.49	否	0	未涉及
41	高雄市	燕巢區	燕科段	3	21097.64	否	0	21097.64	否	0	未涉及
42	高雄市	燕巢區	燕科段	4	52461.09	否	0	52461.09	否	0	未涉及
43	高雄市	燕巢區	燕科段	5	10915.81	否	0	10915.81	否	0	未涉及
44	高雄市	燕巢區	燕科段	6	19313.17	是	5029.36	19313.17	是	5029.36	部分重疊
45	高雄市	燕巢區	燕科段	7	862.82	否	0	862.82	否	0	未涉及
46	高雄市	燕巢區	燕科段	8	18471.69	否	0	18471.69	否	0	未涉及
47	高雄市	燕巢區	燕科段	9	8632.30	否	0	8632.30	否	0	未涉及
48	高雄市	燕巢區	燕科段	10	101657.12	是	29676.31	101657.12	是	29676.31	部分重疊
49	高雄市	燕巢區	燕科段	11	172149.73	是	92602.63	172149.73	是	92602.63	部分重疊
50	高雄市	燕巢區	燕科段	12	22800.73	是	9083.30	22800.73	是	9083.3	部分重疊
51	高雄市	燕巢區	燕科段	13	158382.54	是	104844.09	158382.54	是	104844.09	部分重疊
52	高雄市	燕巢區	燕科段	14	51861.87	是	17751.98	51861.87	是	17751.98	部分重疊
53	高雄市	燕巢區	燕科段	15	16280.14	否	0	16280.14	否	0	未涉及
54	高雄市	燕巢區	燕科段	16	61275.81	否	0	61275.81	否	0	未涉及
55	高雄市	燕巢區	燕科段	17	15576.42	否	0	15576.42	否	0	未涉及
56	高雄市	燕巢區	燕科段	18	130763.85	是	32352.37	130763.85	是	32352.37	部分重疊
57	高雄市	燕巢區	燕科段	19	8322.17	否	0	8322.17	否	0	未涉及
58	高雄市	燕巢區	燕科段	20	15439.67	是	14593.48	15439.67	是	14593.48	部分重疊
59	高雄市	燕巢區	燕科段	21	2002.75	是	2002.75	2002.75	是	2002.75	全部重疊
60	高雄市	燕巢區	燕科段	22	12296.14	否	0	12296.14	否	0	未涉及
61	高雄市	燕巢區	燕科段	23	11680.31	是	3848.35	11680.31	是	3848.35	部分重疊
62	高雄市	燕巢區	燕科段	24	3965.92	否	0	3965.92	否	0	未涉及
63	高雄市	燕巢區	燕科段	25	42966.55	是	3079.18	42966.55	是	3079.18	部分重疊
64	高雄市	燕巢區	燕科段	25-1	20000.03	否	0	20000.03	否	0	未涉及
65	高雄市	燕巢區	燕科段	26	48250.37	否	0	48250.37	否	0	未涉及
66	高雄市	燕巢區	燕科段	27	23621.93	否	0	23621.93	否	0	未涉及
67	高雄市	燕巢區	燕科段	28	18093.83	否	0	18093.83	否	0	未涉及
68	高雄市	燕巢區	燕科段	29	12730.55	否	0	12730.55	否	0	未涉及
69	高雄市	燕巢區	燕科段	30	35358.68	否	0	35358.68	否	0	未涉及
70	高雄市	燕巢區	燕科段	30-1	10000.03	否	0	10000.03	否	0	未涉及
71	高雄市	燕巢區	燕科段	30-2	12000.01	否	0	12000.01	否	0	未涉及

項次	縣市別	鄉鎮區別	地段	地號	謄本面積(m^2)	地號是否涉及地質敏感區	地號與敏感區重疊面積(m^2)	基地與地號重疊面積(m^2)	基地與地號重疊範圍是否位於地質敏區	需細部調查之面積(m^2)	備註
72	高雄市	燕巢區	燕科段	30-3	10000.00	否	0	10000.00	否	0	未涉及
73	高雄市	燕巢區	燕科段	30-4	10000.04	否	0	10000.04	否	0	未涉及
74	高雄市	燕巢區	燕科段	30-5	15000.00	否	0	15000.00	否	0	未涉及
75	高雄市	燕巢區	燕科段	30-6	29999.98	否	0	29999.98	否	0	未涉及
76	高雄市	燕巢區	燕科段	31	6329.64	否	0	6329.64	否	0	未涉及
77	高雄市	燕巢區	燕科段	32	39513.92	否	0	39513.92	否	0	未涉及
78	高雄市	燕巢區	燕科段	32-1	18960.02	否	0	18960.02	否	0	未涉及
79	高雄市	燕巢區	燕科段	32-2	5672.01	否	0	5672.01	否	0	未涉及
80	高雄市	燕巢區	燕科段	32-3	17999.98	否	0	17999.98	否	0	未涉及
81	高雄市	燕巢區	燕科段	33	39.17	否	0	39.17	否	0	未涉及
82	高雄市	燕巢區	燕科段	34	12400.00	否	0	12400.00	否	0	未涉及
83	高雄市	燕巢區	燕科段	35	127.35	否	0	127.35	否	0	未涉及
84	高雄市	燕巢區	燕科段	36	15673.62	否	0	15673.62	否	0	未涉及
85	高雄市	燕巢區	燕科段	37	47673.20	否	0	47673.20	否	0	未涉及
86	高雄市	燕巢區	燕科段	38	41455.24	否	0	41455.24	否	0	未涉及
87	高雄市	燕巢區	燕科段	38-1	18378.36	否	0	18378.36	否	0	未涉及
88	高雄市	燕巢區	燕科段	38-2	4074.52	否	0	4074.52	否	0	未涉及
89	高雄市	燕巢區	燕科段	38-3	8861.19	否	0	8861.19	否	0	未涉及
90	高雄市	燕巢區	燕科段	38-4	19167.04	否	0	19167.04	否	0	未涉及
91	高雄市	燕巢區	燕科段	39	115248.81	否	0	115248.81	否	0	未涉及
92	高雄市	燕巢區	燕科段	40	48622.11	否	0	48622.11	否	0	未涉及
93	高雄市	燕巢區	燕科段	41	9719.80	否	0	9719.80	否	0	未涉及
94	高雄市	燕巢區	燕科段	42	36126.30	否	0	36126.30	否	0	未涉及
95	高雄市	燕巢區	燕科段	43	18986.83	否	0	18986.83	否	0	未涉及
96	高雄市	燕巢區	燕科段	44	3952.10	否	0	3952.10	否	0	未涉及
97	高雄市	燕巢區	燕科段	45	11569.62	否	0	11569.62	否	0	未涉及
98	高雄市	燕巢區	代天府段	228-2	110.36	是	110.36	110.36	是	110.36	全部重疊
99	高雄市	燕巢區	代天府段	228-3	370.19	是	370.19	370.19	是	370.19	全部重疊
100	高雄市	燕巢區	代天府段	229-5	2268.74	是	2268.74	2268.74	是	2268.74	全部重疊
101	高雄市	燕巢區	代天府段	235	17.26	是	17.26	17.26	是	17.26	全部重疊
102	高雄市	燕巢區	代天府段	236	35.21	是	35.21	35.21	是	35.21	全部重疊
103	高雄市	燕巢區	代天府段	238	256.61	是	256.61	256.61	是	256.61	全部重疊
104	高雄市	燕巢區	代天府段	240	124.27	是	124.27	124.27	是	124.27	全部重疊
105	高雄市	燕巢區	代天府段	280-1	12.55	是	12.55	12.55	是	12.55	全部重疊
106	高雄市	燕巢區	代天府段	281	1.57	是	1.57	1.57	是	1.57	全部重疊
107	高雄市	燕巢區	代天府段	298	1.45	是	0.09	1.45	是	0.09	部分重疊
108	高雄市	燕巢區	代天府段	300	82.03	是	57.08	82.03	是	57.08	部分重疊

項次	縣市別	鄉鎮區別	地段	地號	謄本面積(m^2)	地號是否涉及地質敏感區	地號與敏感區重疊面積(m^2)	基地與地號重疊面積(m^2)	基地與地號重疊範圍是否位於地質敏區	需細部調查之面積(m^2)	備註
109	高雄市	燕巢區	代天府段	302	78.82	是	78.82	78.82	是	78.82	全部重疊
110	高雄市	燕巢區	代天府段	303	76.06	是	76.06	76.06	是	76.06	全部重疊
111	高雄市	燕巢區	代天府段	304	619.81	是	411.41	619.81	是	411.41	部分重疊
112	高雄市	燕巢區	代天府段	305	366.84	是	366.84	366.84	是	366.84	全部重疊
113	高雄市	燕巢區	代天府段	306	47.47	是	47.47	47.47	是	47.47	全部重疊
114	高雄市	燕巢區	代天府段	307	65.70	是	65.70	65.70	是	65.7	全部重疊
115	高雄市	燕巢區	代天府段	319	767.42	否	0	767.42	否	0	未涉及
116	高雄市	燕巢區	代天府段	319-1	1149.11	是	144.96	1149.11	是	144.96	部分重疊
117	高雄市	燕巢區	代天府段	320	98.89	是	44.52	98.89	是	44.52	部分重疊
118	高雄市	燕巢區	代天府段	321	13.56	否	0	13.56	否	0	未涉及
119	高雄市	燕巢區	代天府段	321-1	26.42	否	0	26.42	否	0	未涉及
120	高雄市	燕巢區	代天府段	322	97.45	否	0	97.45	否	0	未涉及
121	高雄市	燕巢區	代天府段	326	8.36	否	0	8.36	否	0	未涉及
122	高雄市	燕巢區	代天府段	326-1	7.50	否	0	7.50	否	0	未涉及
123	高雄市	燕巢區	代天府段	327	400.78	否	0	400.78	否	0	未涉及
124	高雄市	燕巢區	代天府段	328	234.41	否	0	234.41	否	0	未涉及
125	高雄市	燕巢區	代天府段	334	29.14	否	0	29.14	否	0	未涉及
126	高雄市	燕巢區	代天府段	347	217.92	否	0	217.92	否	0	未涉及
127	高雄市	燕巢區	代天府段	426	201.71	否	0	201.71	否	0	未涉及
128	高雄市	燕巢區	代天府段	431	6.98	否	0	6.98	否	0	未涉及
129	高雄市	燕巢區	代天府段	432	177.60	否	0	177.60	否	0	未涉及
130	高雄市	燕巢區	代天府段	433	230.01	否	0	230.01	否	0	未涉及
131	高雄市	燕巢區	代天府段	434	1074.34	否	0	1074.34	否	0	未涉及
132	高雄市	燕巢區	代天府段	439-2	5.67	否	0	5.67	否	0	未涉及
133	高雄市	燕巢區	代天府段	439-3	11.43	否	0	11.43	否	0	未涉及
134	高雄市	燕巢區	代天府段	441	101.11	否	0	101.11	否	0	未涉及
135	高雄市	燕巢區	代天府段	442	149.61	否	0	149.61	否	0	未涉及
136	高雄市	燕巢區	代天府段	443	167.56	否	0	167.56	否	0	未涉及
137	高雄市	燕巢區	代天府段	445	56.26	否	0	56.26	否	0	未涉及
138	高雄市	燕巢區	代天府段	446	23.69	否	0	23.69	否	0	未涉及
139	高雄市	燕巢區	代天府段	461	20.08	否	0	20.08	否	0	未涉及
140	高雄市	燕巢區	代天府段	462	897.28	否	0	897.28	否	0	未涉及
141	高雄市	燕巢區	代天府段	463	1581.78	否	0	1581.78	否	0	未涉及
142	高雄市	燕巢區	代天府段	464	30.37	否	0	30.37	否	0	未涉及
143	高雄市	燕巢區	代天府段	464-1	624.84	否	0	624.84	否	0	未涉及
144	高雄市	燕巢區	代天府段	467	164.42	否	0	164.42	否	0	未涉及
145	高雄市	燕巢區	代天府段	494	4368.59	是	4368.59	4368.59	是	4368.59	全部重疊

項次	縣市別	鄉鎮區別	地段	地號	謄本面積 (m^2)	地號是否涉及地質敏感區	地號與敏感區重疊面積 (m^2)	基地與地號重疊面積 (m^2)	基地與地號重疊範圍是否位於地質敏感區	需細部調查之面積 (m^2)	備註
146	高雄市	燕巢區	代天府段	495	775.60	是	775.60	775.60	是	775.6	全部重疊
147	高雄市	燕巢區	代天府段	496	1938.86	是	1938.86	1938.86	是	1938.86	全部重疊
148	高雄市	燕巢區	代天府段	506	772.85	是	772.85	772.85	是	772.85	全部重疊
149	高雄市	燕巢區	代天府段	514	1452.28	是	1452.28	1452.28	是	1452.28	全部重疊
150	高雄市	燕巢區	代天府段	561	571.05	否	0	571.05	否	0	未涉及
151	高雄市	燕巢區	代天府段	562	1007.88	否	0	1007.88	否	0	未涉及
152	高雄市	燕巢區	代天府段	562-2	572.58	否	0	572.58	否	0	未涉及
153	高雄市	燕巢區	觀水段	176-2	29.30	否	0	29.30	否	0	未涉及
基地總面積(m^2)										2638195.11	
基地與活動斷層地質敏感區重疊面積(m^2)										515238.78	

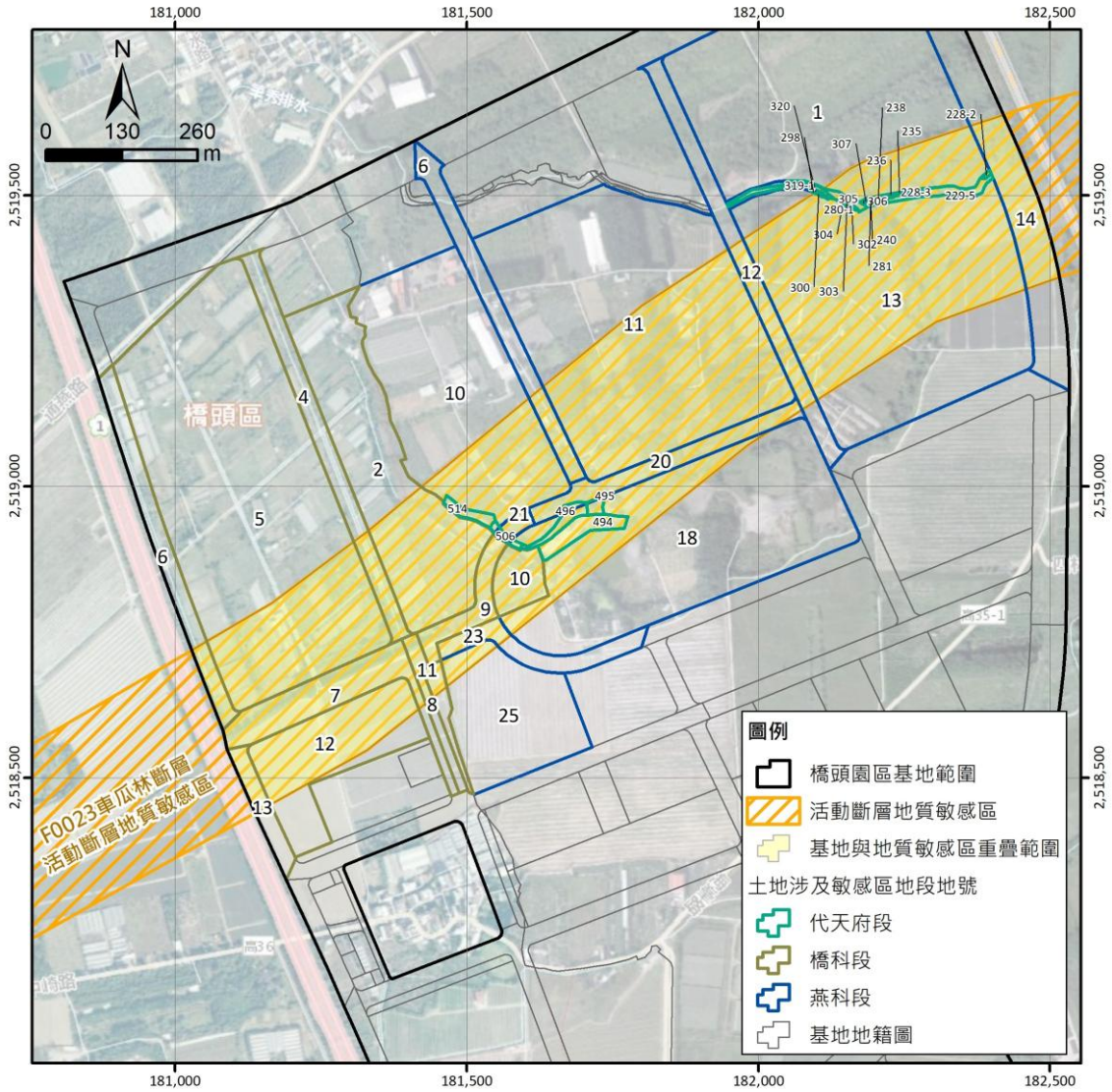


圖 1.3–2 計畫基地範圍與地質敏感區重疊區內之土地地號圖

1.4 工作內容

本計畫主要依據「地質法」第八條及第九條，辦理基地地質調查及地質安全評估工作，相關條文如下：

1. 「地質法」第八條第一項：土地開發行為基地有全部或一部位於地質敏感區內者，應於申請土地開發前，進行基地地質調查及地質安全評估。
2. 「地質法」第九條第一項：依前條第一項規定進行基地地質調查及地質安全評估者，應視情況就下列方法擇一行之：
   (1) 由現有資料檢核，並評估地質安全。
   (2) 進行現地調查，並評估地質安全。

基地地質調查及地質安全評估作業流程之作業與調查方式，係依「地質敏感區基地地質調查及地質安全評估作業準則」第四章「活動斷層地質敏感區之調查及評估」相關調查項目辦理，作業流程如圖 1.4–1 所示，相關條文如下：

1. 活動斷層地質敏感區應進行之基地地質調查項目及內容如下：
   (1) 區域調查：調查範圍之定義為基地全部及可能影響基地之相鄰地區，調查內容包含：A.活動斷層地形特徵、B.地層分布及 C.地質構造。
   (2) 細部調查：調查範圍之定義為基地與地質敏感區重疊部分，調查內容包含：A.地形判釋、B.露頭調查及 C.地下地質調查。

根據「地質敏感區基地地質調查及地質安全評估作業準則」第 2 條所定義之區域調查範圍為「包含基地全部及可能影響基地之相鄰地區」，細部調查範圍之定義為「基地與地質敏感區重疊部分」。據此，本計畫所謂區域調查範圍及細部調查範圍如圖 1.4–2 所示。為能更完整蒐集分析區域調查資料，以利調查成果綜合評估，區域調查範圍除包含橋頭園區基地、周邊相關聚落及地質敏感區南北兩側約 1.5 公里範圍外，並向西側橋頭車站及東側雞冠山附近擴充，調查面積達 4,255 公頃；細部調查範圍則為基地與地質敏感區之重疊範圍，面積總計約 51.5 公頃(515,238.78 平方公尺)。

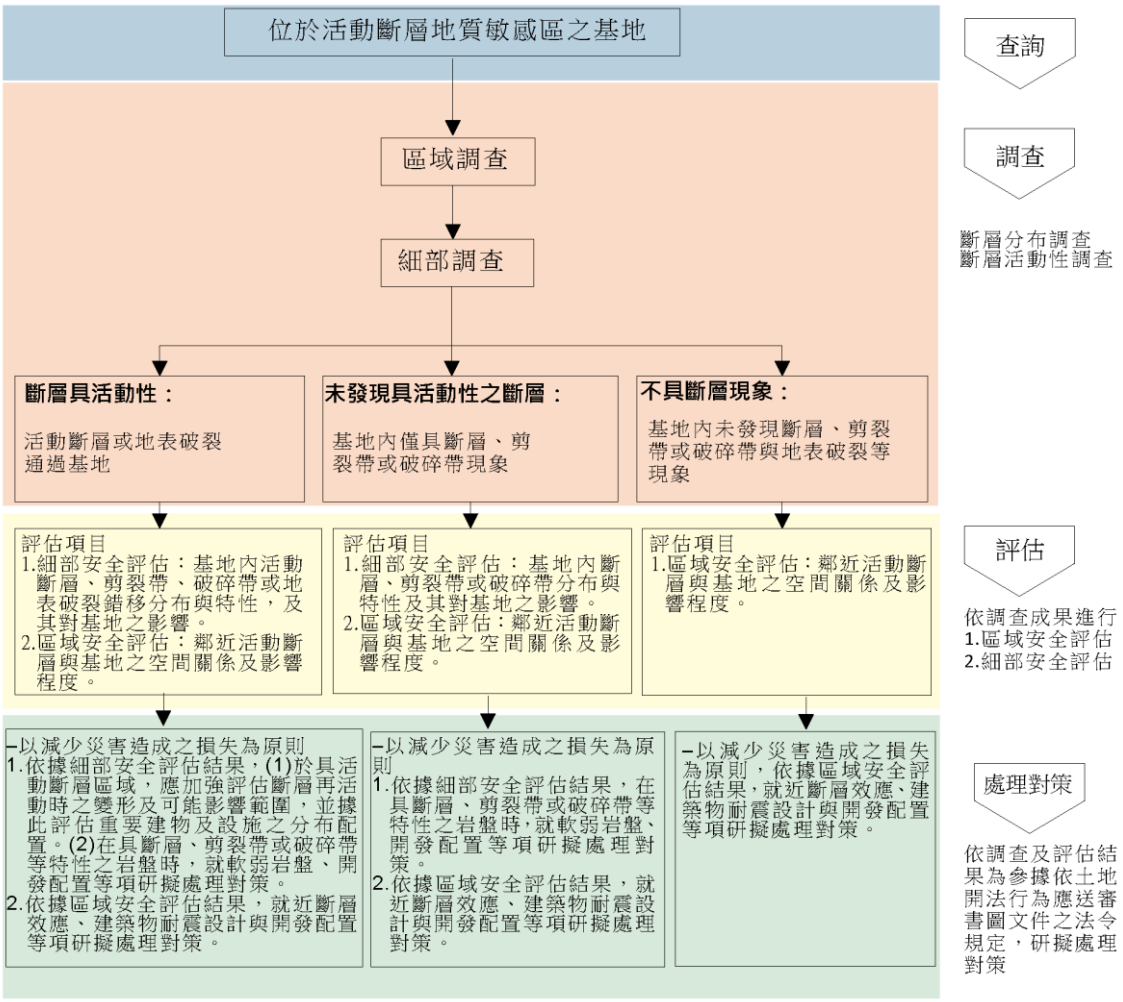


圖 1.4–1 活動斷層地質敏感區基地地質調查及地質安全評估作業流程圖

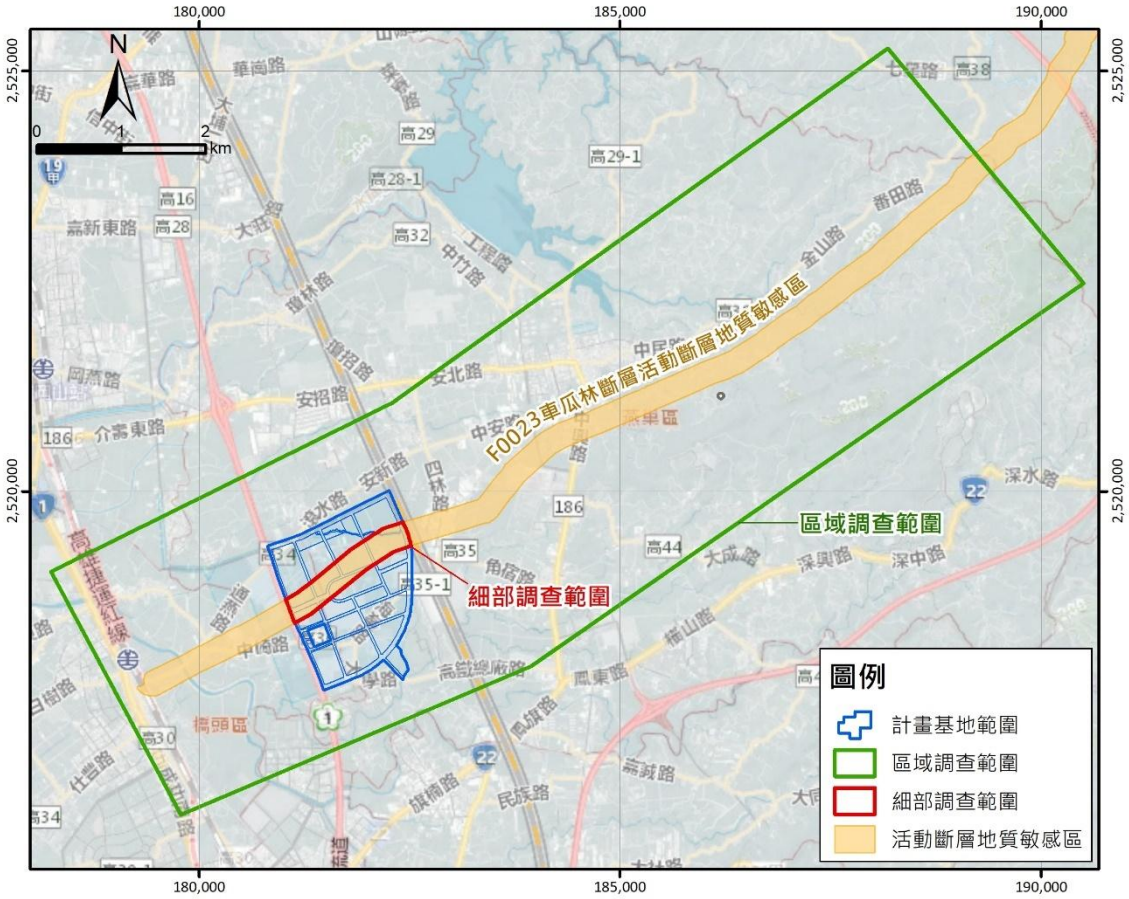


圖 1.4–2 本計畫區域及細部調查範圍圖

第二章 區域調查

本計畫依「地質敏感區基地地質調查及地質安全評估作業準則」第二條、第十二條及第十四條之規定，進行活動斷層地質敏感區之區域調查工作，由於本基地目前已進行整地工程作業，原始地貌已有極大改變，對於近期活動地形及地表地質皆不易分析與調查，然本計畫為釐清本斷層特性及基地與周圍地層之關係，區域調查範圍由本基地往東延伸至內門丘陵；往西則至橋頭車站附近，如圖 1.4–2 所示。

2.1 活動斷層地形特徵

2.1.1區域地形概述

地理上，計畫基地東側為內門丘陵區，地形大致為北東走向的長條狀丘陵，地勢起伏不定，區域海拔高度約可達 200 公尺以上，常見天水深入沖蝕泥岩而形成之惡地地形，亦有泥火山噴發構成之噴泥錐、噴泥盾、噴泥池等特殊地形，如烏山頂泥火山及新養女湖等，鄰近有雞冠山石灰岩透鏡體構成的山脊，海拔高 246 公尺，突出於周圍低矮泥岩。丘陵區往西南進入嘉南平原區，海拔高度由東北端約 70 公尺，向西南逐漸緩降至約 15 公尺，而平原區內具有由泥火山噴發所堆積而成之高區，稱之為滾水坪泥火山區，海拔約 36.1 公尺，其為一具有穩定噴泥活動之泥火山，而本基地範圍則環繞此泥火山區，區域地形如圖 2.1–1。

此外，基地範圍有典寶溪流域通過，其源頭為燕巢區烏山頂海拔 320 公尺處，為本區流域面積最廣的河流，流域皆在高雄市境內，主流長度約 32 公里，集水區面積約 106 平方公里，涵蓋之行政區包含大社區、楠梓區、橋頭區、岡山區、梓官區，於援中港出海。

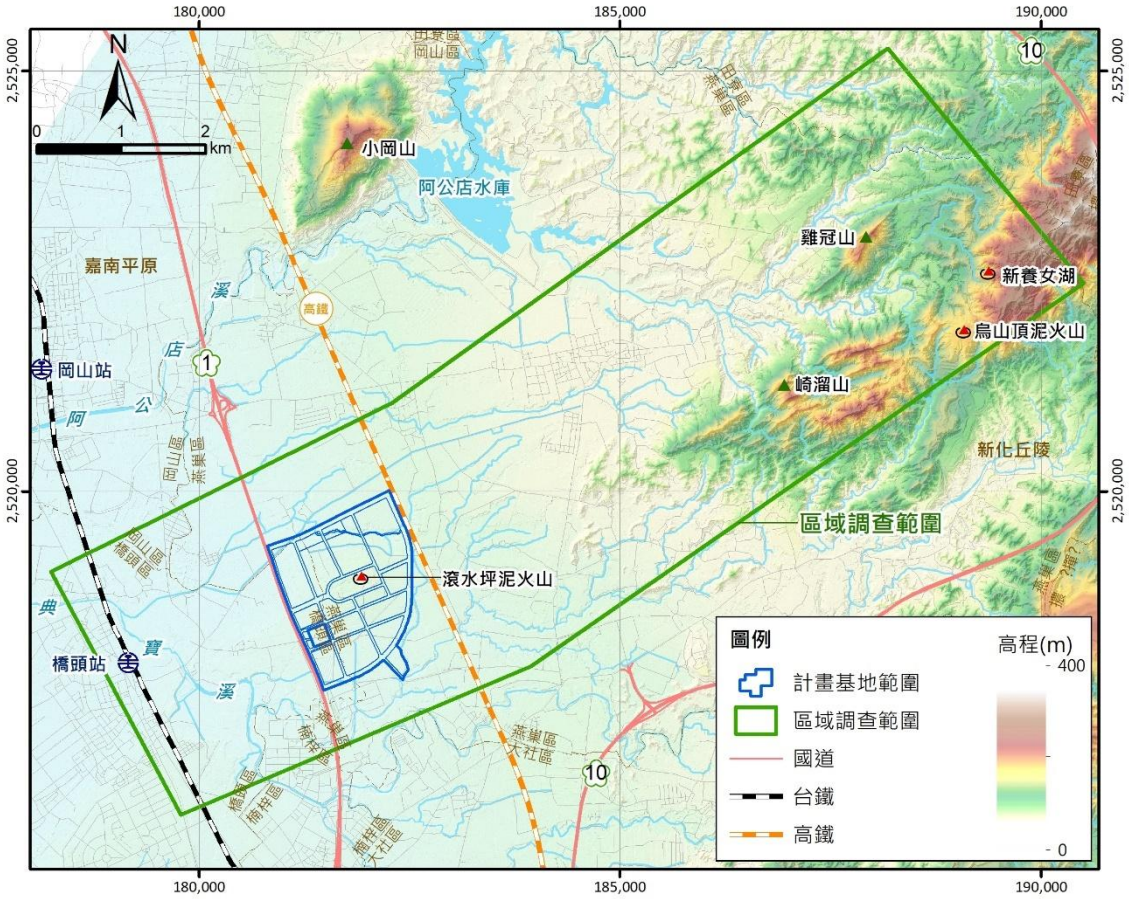


圖 2.1–1 計畫區域地形圖

2.1.2區域地形判釋特徵

本計畫利用前人文獻、既有地形測繪、衛星影像及數值地形模型等資料，綜整後進行地形判釋與分析顯示，區域內大致可分為東北走向的長條狀丘陵區及開闊的平原區。丘陵區以泥岩惡地地形為主，受溪流切割，地勢起伏不定，部分區域因泥流噴發而形成泥火山地形，海拔高度約 100 餘公尺，局部有雞冠山(石灰岩體)及崎溜山(雞南山砂岩透鏡體)突出於周圍較低矮的泥岩惡地，另外，由丘陵區地形起伏觀察，略可見一線形，蜿蜒於相對低地之間，與公布車瓜林斷層線形位置相當；平原區則由河流沖積形成，地勢平坦開闊，海拔高度約在 70 公尺以下，向西南方漸降，本計畫基地即位於此區，基地中央有一泥火山地形，成為區域內相對高區，高程約在 35 公尺左右，，而此高區以北低勢較低，南側則較高，略可見約東西向線形存在。由地形特性、山嶺及構造線

形，說明如後。

1. 惡地地形

分布於計畫基地外東側丘陵區，為高雄市燕巢區著名的特殊地形，為泥岩裸露於地表，經過自然界長期且快速的風化侵蝕，裸露的泥岩不易蓄含水分，所含鹽分也逐漸釋出至地表，使其裸露地寸草不生，在長期的雨水不斷沖刷雕塑，地形越來越崎嶇，故在地形陰影圖上常呈現尖銳樹枝狀的山脊樣貌 (圖 2.1–2)。

2. 泥火山地形

區域調查範圍內共有三處泥火山地形，從地形陰影圖觀察，可見平坦面中央突起小圓丘狀，而遙測衛星影像上，則可見一片灰白色裸露地，中央有一處或多處圓圈狀凹口，並且可能有深灰色流體狀從凹口向四處延伸，其即為泥火山噴泥口及噴泥造成之地面隆起，石再添(1967)將分布於惡地地形附近之泥火山分別稱為烏山頂泥火山及新養女湖，在基地中央之泥火山稱為滾水坪泥火山(圖 2.1–2)。

其中，依臺灣油田調查報告(1910)記載，滾水坪泥火山已存在至少一百餘年，由南科局(2021)「橋科環評報告書」針對滾水坪泥火山進行歷年衛星影像判釋(2004~2020)，並依其活動情況將噴泥區域分為主要活動區、間歇性活動區及突發性活動區等三類，本計畫引用既有判釋結果，將影像判釋年份新增至 2025 年(圖 2.1–4)，結果顯示，本計畫基地內近期之滾水坪泥火山活動，仍集中於主要活動區及間歇性活動區，其屬於穩定且持續活動之泥火山，主要形貌為噴泥盾，泥漿堆積可形成局部地形高區，暫歇之噴泥口目前未見噴泥暫停後有大規模陷落現象；而突發性活動事件之發生時間、位置、規模及噴泥量體等，則由地下環境主控，無法準確預估，從近四年的影像可發現，多了一處突發性噴泥區域，本計畫將其命名為 K 區，在 K 區內，至少有 6 處噴泥口，各區活動影像範圍詳圖 2.1–5，活動情況詳表 2.1–1。

3. 雞冠山

位於丘陵區與平原區交界處，從地形陰影圖觀察，為一獨立於周圍低矮區域之圈合山脊地形高區，呈北北東-南南西走向，高約 200 餘公尺，山脊長約 1 公里，寬約 500 公尺，頂部出露之地層單位為崎頂層內所夾之石灰岩透鏡體，因周圍泥岩的抗蝕力較弱，故石灰岩體因差異侵

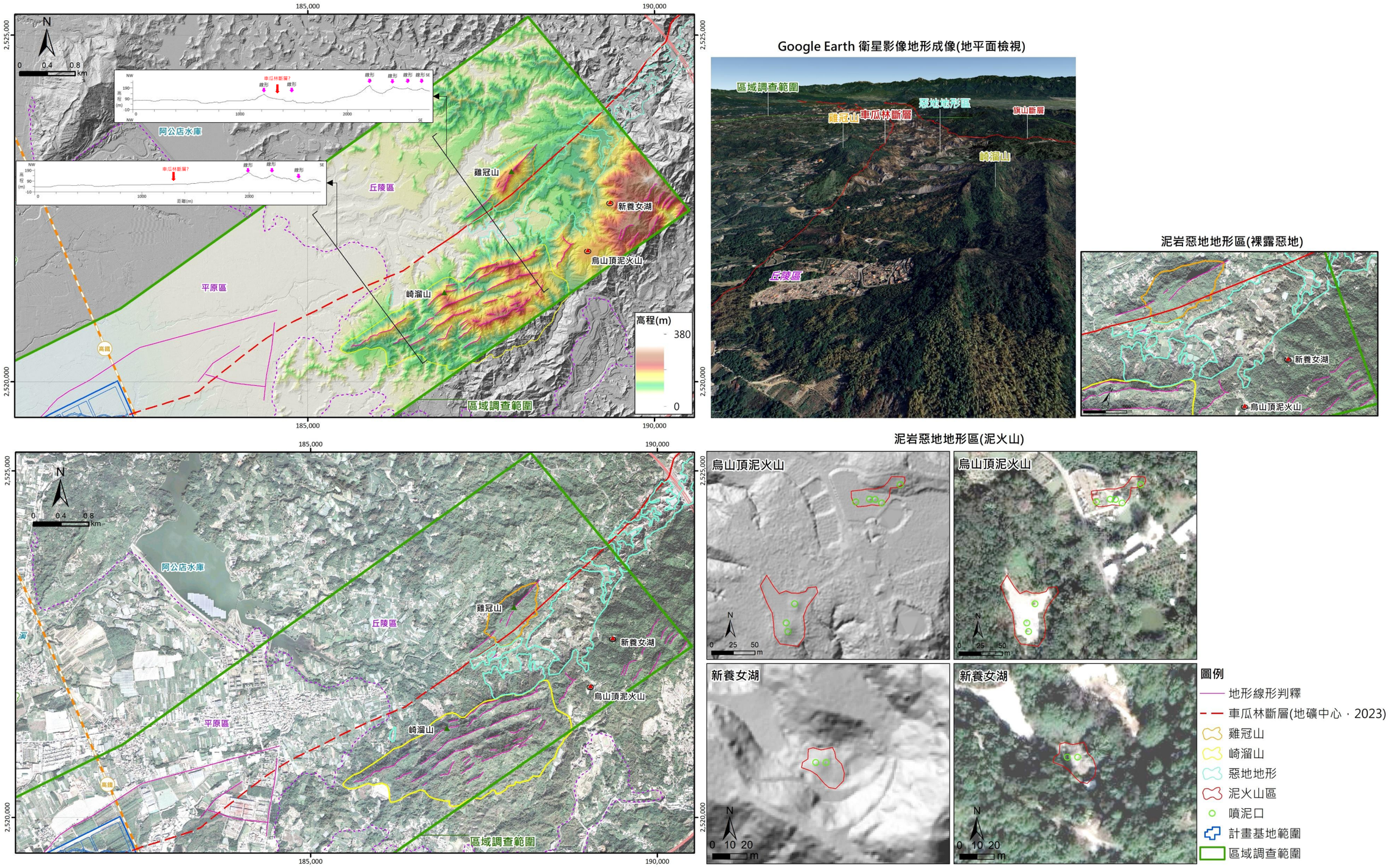
蝕而突出於周圍低矮區域(劉彥求，2004)(圖 2.1–2)，目前已將山體之頂部山脊區公告列為地質遺跡地質敏感區-H0019 高雄市雞冠山石灰岩。

4. 崎溜山(雞南山)

位於丘陵區與平原區交界處，從地形陰影圖觀察，為一系列東北-西南走向連續山脊起伏構成之獨立圈合地形，高約 200 餘公尺，山脊長約 3 公里，寬約 1 公里，出露地層單位為古亭坑層內所夾之砂岩透鏡體，因差異侵蝕而突出於地表(圖 2.1–2)。

5. 構造線形

在本計畫區域調查範圍內，於東側雞冠山及崎溜山區域可見一系列東北-西南走向之線形，經現地查核結果確認其為丘陵稜線，依區域地層位態，判定此系列線形應為地層受差異侵蝕之結果，而因車瓜林斷層屬於間震變形之潛移性質，且為逆斷層具有右移分量，近期並無同震變形之瞬移錯動紀錄，且主斷層跡通過古亭坑層之泥岩惡地地形，線形特徵易受風化侵蝕影響，且進入平原區後受到泥火山作用影響，導致構造線形不明顯。約從區域調查範圍最東北端千秋寮附近至車瓜林以北，劉彥求與林啟文(2019)主要利用野外露頭判釋及追蹤方式來劃定車瓜林構造線形，而從地形陰影及渲染圖觀察，構造線形大致沿著東南側長條形東北-西南走向之丘陵地邊界(約為渲染圖色階由黃色至綠色漸變帶)通過，而車瓜林以南之區域，在崎溜山區域則由露頭剖面追蹤，並沿著崎溜山西北側線形崖通過，進入燕巢區則受到臺地堆積層及沖積層的覆蓋，構造線形不易追蹤，區內地表線形大多為農業田埂、道路及水溝等人為地形，自然地形線形多已不復存在(圖 2.1–2 及圖 2.1–3)。

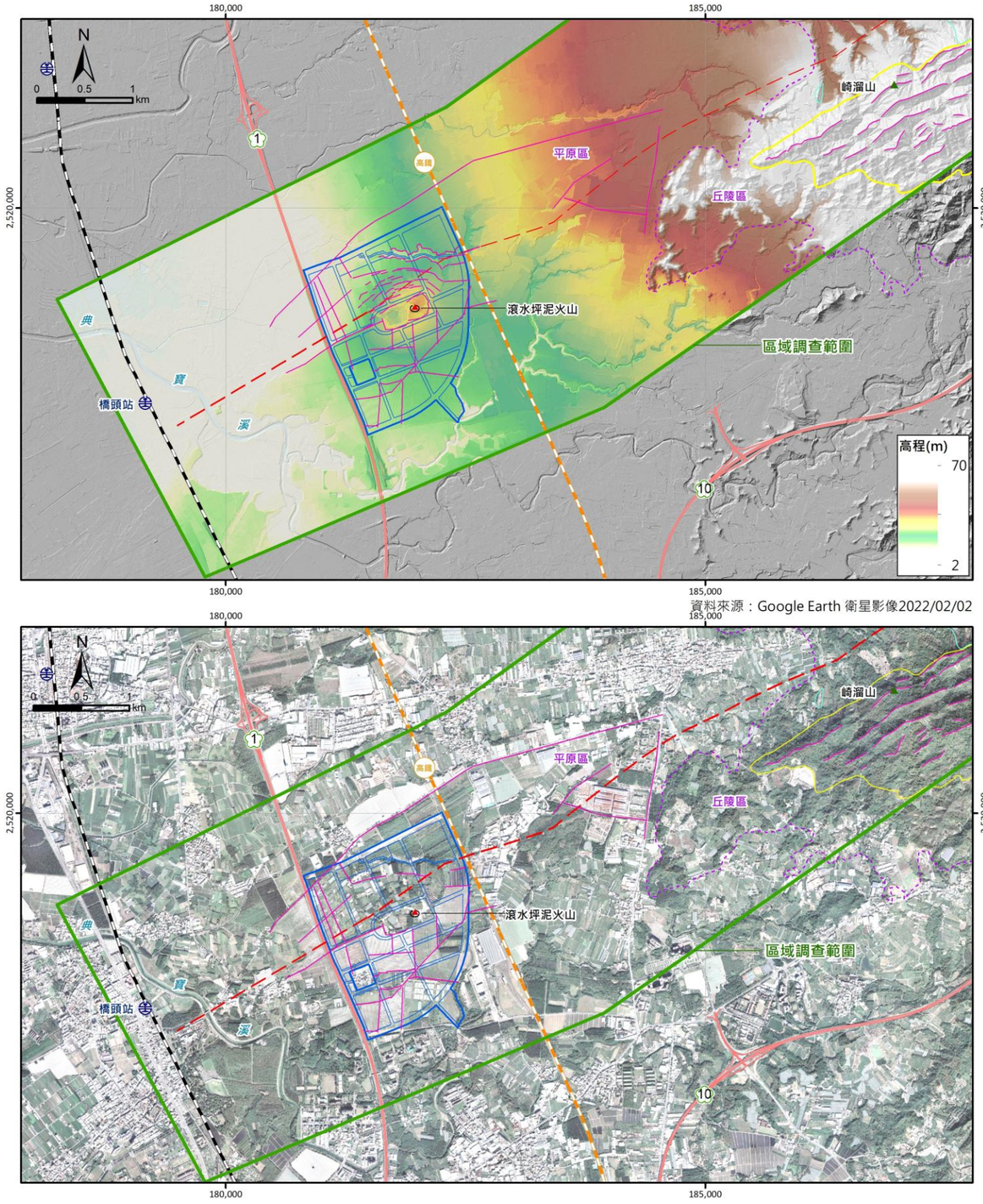


Google Earth 衛星影像地形成像(地平面檢視)

泥岩惡地地形區(裸露惡地)

泥岩惡地地形區(泥火山)

圖 2.1–2 本計畫區域地形判釋結果(東側)



Google Earth 衛星影像地形成像(地平面檢視)



圖例

- 地形線形判釋
- 車瓜林斷層(地礦中心，2023)
- 雞冠山
- 崎溜山
- 惡地地形
- 泥火山區
- 噴泥口
- 計畫基地範圍
- 區域調查範圍

資料來源：Google Earth 衛星影像2022/02/02

滾水坪泥火山地形

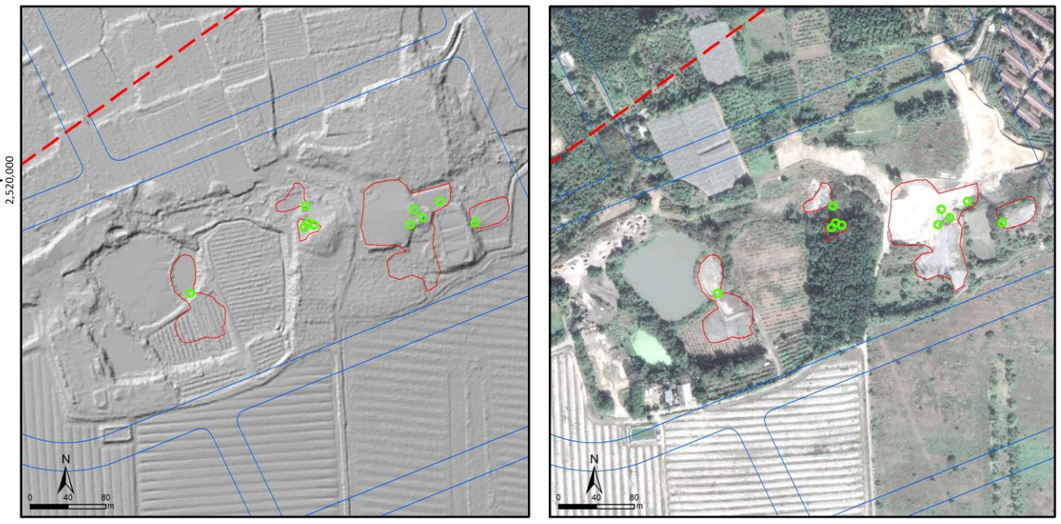


圖 2.1–3 本計畫區域地形判釋結果(西側)

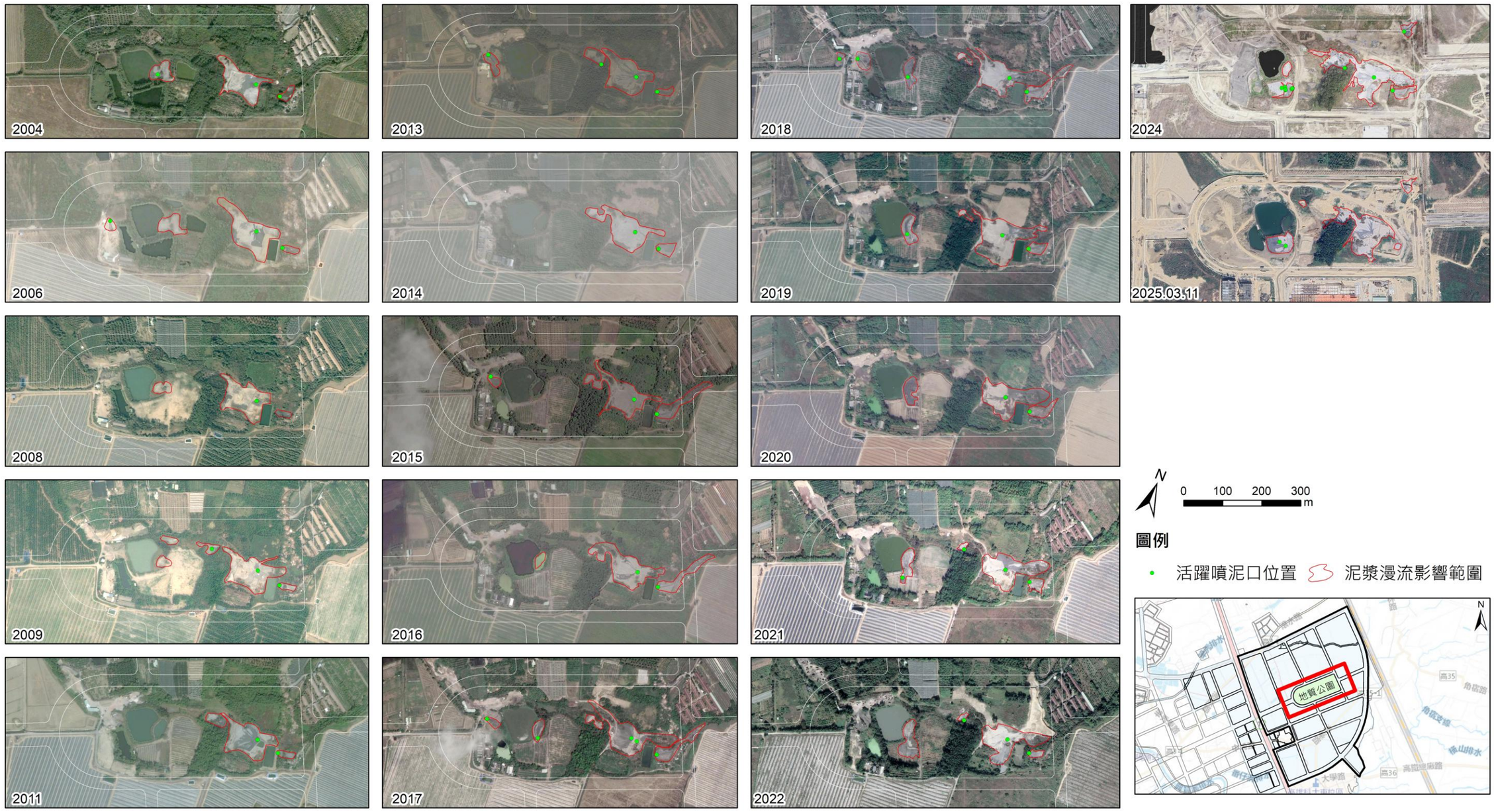


圖 2.1–4 本計畫更新滾水坪泥火山地形判釋結果

表 2.1–1 滾水坪泥火山地表活動情況一覽表

分類	區域	噴泥口形貌	噴泥口數量	噴泥口現況	活動情況	泥漿漫流影響距離	備註
主要活動區	A 區	噴泥盾	4 個	活動中，直徑約 1 公尺	噴泥區域固定，頻率約數秒 1 次，持續時間長，各噴泥口有交替活動情況	數百公尺(2-3 年至少可堆積約 2 公尺高)	現地調查、GOOGLE 衛星影像判釋
間歇性活動區	B 區	噴泥池	1 個	活動中，直徑至少 3 公尺	噴泥區域固定，近 21 年曾噴泥數次，持續時間長，現地常有新鮮泥漿堆積	百餘公尺	現地調查、GOOGLE 衛星影像判釋
	C 區	-	1 個	已人工開挖整地，未見噴泥口	噴泥區域固定，近 21 年曾噴泥數次，現地有新鮮泥漿堆積	百公尺內	現地調查、GOOGLE 衛星影像判釋
	D 區	-	至少 2 個	植生茂密，無明顯噴泥口形貌	噴泥區域固定，近 21 年曾噴泥數次，噴泥口位置不固定，泥漿與 A 區匯流	數十公尺	現地調查、GOOGLE 衛星影像判釋
	E 區	噴泥洞	1 個	活動中，直徑約數十公分	噴泥區域固定，近 21 年曾噴泥數次，持續時間長，現地常有新鮮泥漿堆積	至少約 100 公尺(局限於引流溝內)	現地調查、GOOGLE 衛星影像判釋
突發性活動區	F 區	-	1 個	已開挖為棄土區，未見噴泥口	近 21 年內曾噴泥約 1-2 次，其復發性尚無法預估	數十公尺	GOOGLE 衛星影像判釋
	G 區	-	1 個	植生茂密，無明顯噴泥口形貌	近 21 年內曾噴泥約 1 次，其復發性尚無法預估	十餘公尺	GOOGLE 衛星影像判釋
	H 區	-	1 個	無明顯噴泥口形貌，僅泥漿堆積	近年曾噴泥，現地有新鮮泥漿堆積，其復發性尚無法預估	十餘公尺	現地調查
	I 區	噴泥洞	1 個	活動中，直徑約數十公分	2020.12.12 現勘時正在噴泥，惟於近 21 年內之衛星影像未發現大型噴泥事件	十餘公尺	現地調查
	J 區	-	3 個	無明顯噴泥口形貌，僅泥漿堆積	近年曾噴泥，每次持續時間約 1 天，噴泥位置不固定，其復發性尚無法預估	數公尺內	現地調查
	K 區	噴泥洞	6 個	3 處活動中，直徑數公分	2024.05.15 現勘時有 3 處噴泥口正在噴泥，另 3 處的噴泥口為休眠或停止噴泥狀態，其噴泥持續時間尚無法預估	數十公尺	現地調查、GOOGLE 衛星影像判釋

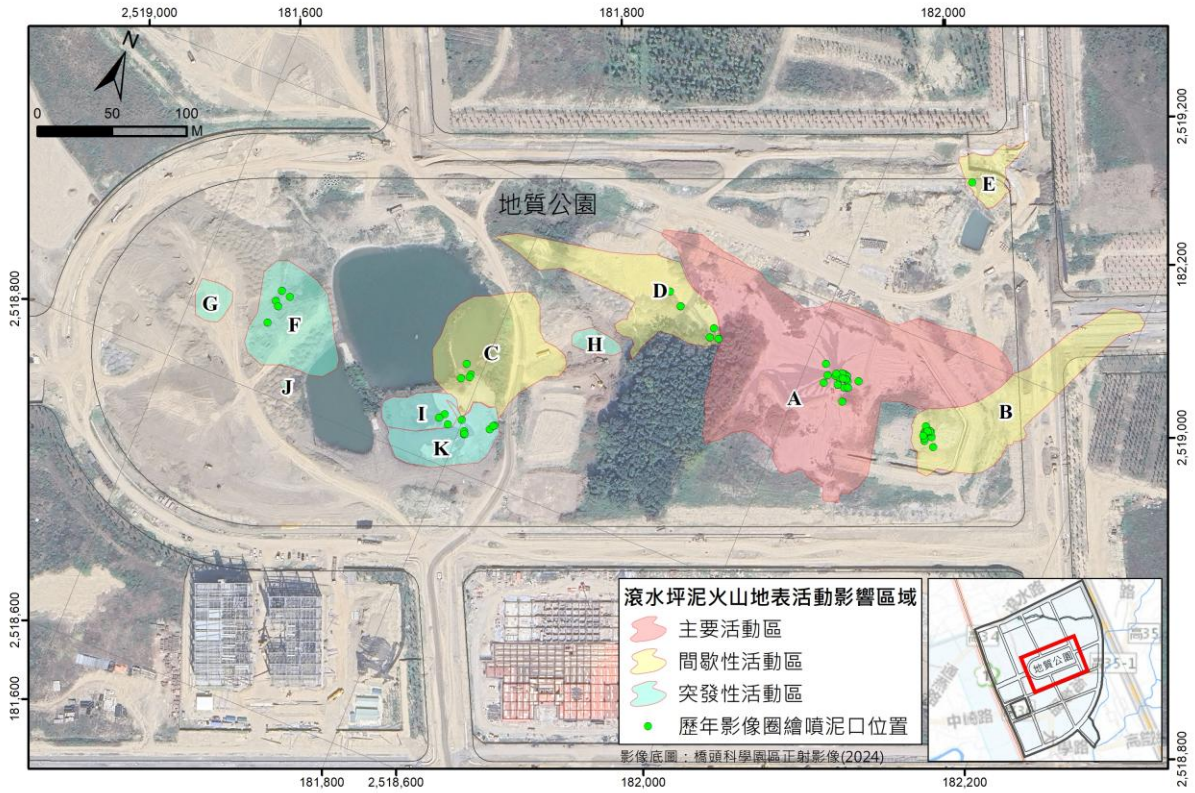


圖 2.1–5 本計畫更新滾水坪泥火山地表活動範圍分布圖

2.2 區域地層分布

依地礦中心出版之易淹水地區上游集水區地質調查資料庫(2013)、五萬分之一台灣地質圖及說明書圖幅第五十六號-旗山(林啟文，2013)及車瓜林斷層條帶地質圖(林啟文等，2021)，本計畫區域調查範圍出露之地層單位由老至新包括中新世晚期烏山層、中新世晚期-更新世古亭坑層、更新世崎頂層、更新世-全新世臺地堆積層及全新世沖積層等，區域地層組成材料與分布位置整理如表 2.2–1，區域地質圖詳圖 2.2–1，地層概述說明如下：

1. 烏山層(Ws)

本層分布於基地東側之旗山斷層以東丘陵區域，岩性為厚層灰色細粒砂岩與暗色頁岩互層以及砂質頁岩，夾砂頁岩薄互層，地層底部未出露，已知出露之厚度紀錄約可達 1,056 公尺，生物地層時代上屬於超微化石之 NN11/NN12 帶(Chi, 1978)，相當於中新世晚期。本層下部為旗山斷層所截切，與上覆蓋子寮頁岩為整合接觸。

2. 古亭坑層(Gt)

本層分布於基地東側之旗山斷層以(西)北丘陵區域，在燕巢區域之岩性以厚層暗灰色泥岩為主，偶夾薄層砂岩透鏡體，地層厚度出露約 1,640 公尺(胡潮昌，1967)，生物地層時代上屬於超微化石 NN11-NN19 帶(Chi, 1978, 1979)，相當於中新世晚期至更新世，本層與上覆崎頂層為整合接觸，底部則未完全出露。本層所夾的砂岩透鏡體又可分為龍船透鏡體及雞南山透鏡體，在本區域調查範圍內為雞南山透鏡體，其出露於崎溜山，岩體下部為厚層細-中粒砂岩及砂泥岩互層，偶夾粒岩與泥岩；上部為泥岩、砂泥岩互層，夾 50 公分至 3 公尺厚礫岩與粗砂岩。

3. 崎頂層(Ci)

本層分為上下兩段，在本區域調查範圍內出露為下段，其為古亭坑層與本層上段之間的過渡帶，故在各區域厚度不一，分布於基地東側之車瓜林斷層以西丘陵區域，以厚層泥岩與厚層砂岩為主，夾有石灰岩，稱為雞冠山(又名金山)石灰岩，岩體延伸約 900 公尺，厚度 7 公尺，由生物碎屑、礫石及藻球所構成(林廷潔，1998)。本層生物地層時代上屬於超微化石 NN19 帶，相當於更新世，與下伏古亭坑層為整合接觸。

4. 臺地堆積層(t)

本層分布於基地部分區域及基地東側平原與丘陵交界區域，岩性以未膠結之砂及泥為主，夾少部分礫石。

5. 沖積層(a)

本層分布於基地部分區域及西側嘉南沖積平原區，岩性以未膠結的礫石、砂、粉砂及泥組成。

表 2.2–1 計畫區域地層分布與特性一覽表

地層單位	地層時代說明		岩性說明	與基地位置相關性
	地質時代	超微化石帶		
沖積層	全新世	Late NN21	未膠結的礫石、砂、粉砂及泥組成	基地西側區域
臺地堆積層	更新世-全新世	NN20-NN21(?)	未膠結之砂及泥為主，夾少部分礫石	基地東側區域
崎頂層(下段)	更新世	NN19	以厚層泥岩與厚層砂岩為主，夾有石灰岩(雞冠山石灰岩)	基地外東側丘陵區地層
古亭坑層	中新世晚期-更新世	NN11-NN19	厚層暗灰色泥岩為主，偶夾薄層砂岩透鏡體；雞南山透鏡體下部為厚層細-中粒砂岩及砂泥岩互層，偶夾粒岩與泥岩；上部為泥岩、砂泥岩互層，夾 50 公分至 3 公尺厚礫岩與粗砂岩	基地外東側丘陵區地層
烏山層	中新世晚期	NN11-NN12	厚層灰色細粒砂岩與暗色頁岩互層以及砂質頁岩，夾砂頁岩薄互層	基地外東側丘陵區地層

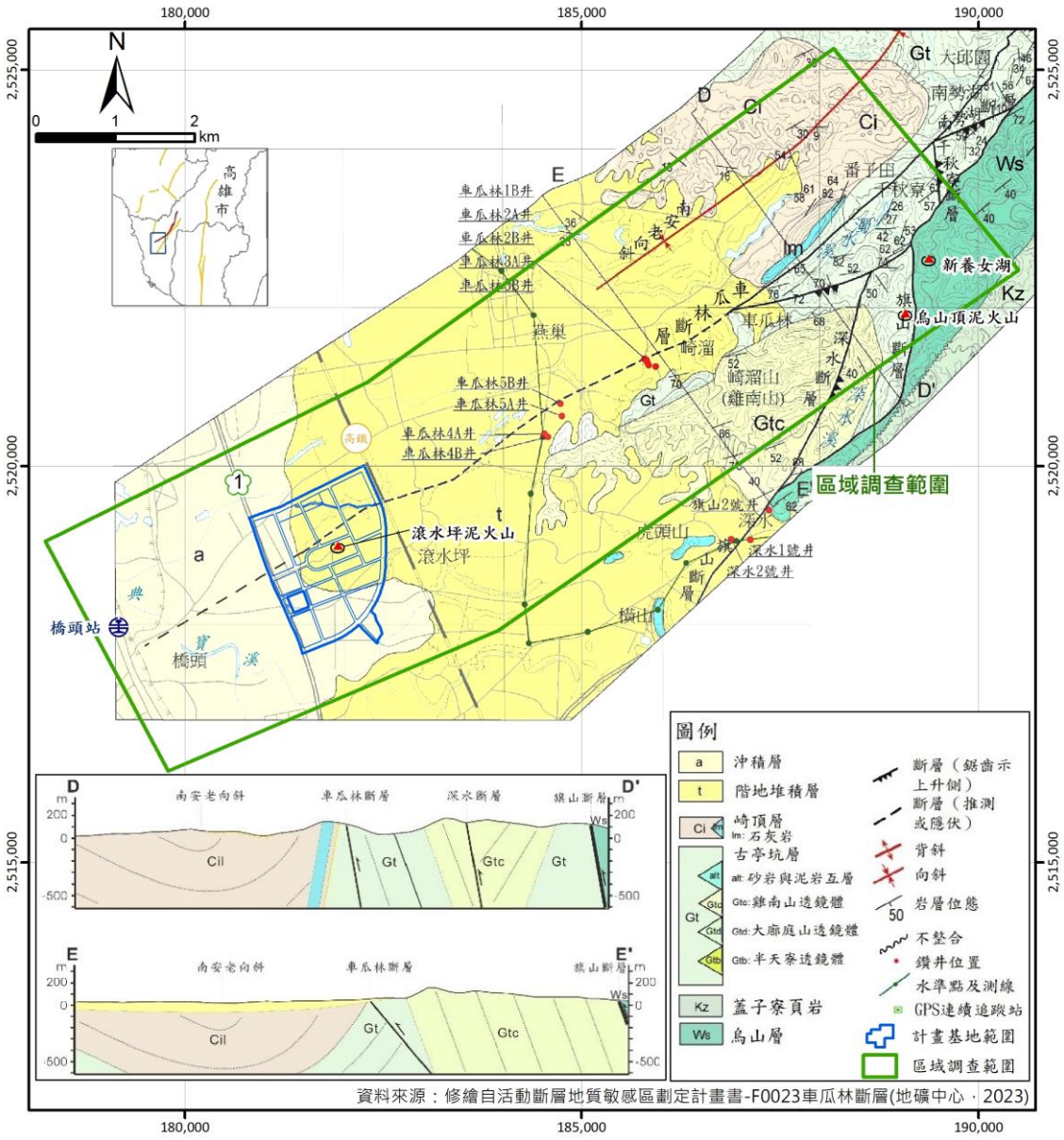


圖 2.2–1 計畫區域地質圖

2.3 區域地質構造

依前節計畫區域地質圖(圖 2.2–1)，本計畫區域調查範圍之地質構造包括南安老向斜、車瓜林斷層、深水斷層及旗山斷層，其中僅車瓜林斷層通過本計畫基地範圍。各地質構造特性整理如表 2.3–1，說明如下：

1. 南安老向斜

為褶皺構造，位於基地外東側約 3.7 公里處，褶皺軸從北側由北北東走向，向南轉為東北東走向，向斜東翼岩層為高角度向北傾斜，西翼岩層則傾角較緩而向南傾斜，向斜東翼為車瓜林斷層及龍船斷層所截。

2. 旗山斷層與深水斷層(旗山斷層之分支斷層)

為逆移斷層，位於基地外東側約 4 公里處，約呈東北走向，由高雄市旗山區向西南延伸至高雄世仁武區附近，全長約 30 公里，由一條主斷層及多個分支斷層組成的斷層變形帶，變形帶寬度約 40-400 公尺間，主斷層的變形帶寬度約 9-30 公尺，斷層北段區域地層為上盤嶺口礫岩與下盤古亭坑層以斷層接觸，斷層南段區域則為上盤烏山層與下盤古亭坑層以斷層接觸，依近期大地測量結果，旗山斷層仍有明顯的壓縮量，顯現逆移斷層的特性，且斷層截切全新世的砂礫石層，故列為活動斷層。深水斷層則為旗山斷層之分支斷層，屬於旗山斷層南段，由千秋寮向南延伸至深水區域，呈北東北走向，並在深水村附近轉為西南走向，整體剪切帶寬約數十公尺。

3. 車瓜林斷層

為逆移斷層，北起由基地東側內門區，向西南延伸經旗山區大廍庭山，西南端在燕巢區崎溜以南進入橋頭區本基地範圍內中央地質公園西緣北側，北段呈北東走向，南段轉為東北東走向，全長約 22 公里(林啟文等，2021)。本斷層原被認為應與龍船斷層相連接(中油公司台探總處，1989)，惟大廍亭山以南的本斷層，其兩側地層、斷層特性及延伸位置與龍船斷層均有差異，林啟文等(2012)為區別兩斷層，將這段改命名為車瓜林斷層。本斷層跡位於麓山帶內，大都發育在厚層泥岩中，由一個主斷層以及多個分支斷層組成的斷層帶，寬度約 30-130 公尺以上；南段往西南延伸至平原區內，明顯具右移分量，受沖積層所掩覆，由排鑽取樣定年結果顯示，本斷層距今 7,500 年前曾經活動過，故屬於活動斷層(劉彥求與林啟文，2019)。

本計畫蒐集前人有關車瓜林斷層調查之調查研究報告，調查方法主要包括野外露頭調查、地質鑽探、反射震測、大地監測及 InSAR 分析等，資料點位分布詳圖 2.3–1，大致可將結果對應代表車瓜林斷層之地表特徵、地下構造形貌及活動特性三方面，說明如下：

(1) 地表特徵-野外調查

劉彥求與林啟文(2019)於車瓜林斷層沿線進行地表露頭調查及追蹤，多處調查剖面均說明車瓜林斷層帶沿線區域之砂岩有受拖曳褶曲或受剪裂分離斷為斷層角礫的現象，而在泥岩則可見呈髮辮狀交織的斷層泥帶，並有數條分支斷層存在，主斷層位態約由東北走向，向東傾約

45~70˚，往西南延伸至橋頭轉為東北東走向，被沖積層覆蓋，不易追蹤，被斷層截切的上盤地層傾角約為向東傾 40˚，下盤地層傾角則約 85˚，斷層沿線地表特徵整理詳圖 2.3–2。另由地礦中心(2020)高 40 公路南側剖面清理結果認為，斷層帶由間距以數公分至十數公分密集分布的剪切帶所構成，單條剪切帶寬度通常為數公厘，也有公分級的，延續性佳(圖 2.3–3)。

由於車瓜林斷層具潛移性質，富國工程(2015)(圖 2.3–4)及南科局(2021)橋科環評均於基地內進行地表結構物調查，可見本計畫基地內部分道路、電線桿、圍牆、地面等有破裂或歪斜情況，可能為斷層潛移造成的現象。

(2) 地下構造形貌

A.地球物理探查

南科局(2021)橋科環評之地電阻剖面探測成果顯示，依電阻值範圍、側向分布、形貌等特徵，基地範圍大致可分為 4 種主要之電性地層單元，分別為 H1、H2、C 及 F 單元，其中 QTRIP-1~3 剖面垂直車瓜林斷層，除 QTRIP-2 通過泥火山區域不連續面較不明顯，其他 QTRIP-1、QTRIP-3 兩條剖面分別位於探測里程約 285、195 公尺具有電性不連續存在，推估可能為構造通過位置，成果詳圖 2.3–5C。

地礦中心(2023)依施泉賢(2020)於滾水坪東西兩側施作之 Y1 及 Y2 近南北向震測剖面，認為斷層帶有多道裂隙(圖 2.3–6)。

B.地質鑽探

顏一勤(2019)進行地礦中心委託之 108 年度活動斷層補充地質調查計畫時，在興聖宮附近的車瓜林 1B 鑽孔，於 44.53 公尺處由上盤古亭坑層鑽至下盤崎頂層，49.8 公尺處屬於崎頂層的疏鬆砂岩逆衝至沖積層上，斷層面傾角約 50˚(圖 2.3–7)，確認車瓜斷層於車瓜林以南至燕巢地區之斷層截切與傾角特性。

南科局(2021)橋科環評之地質鑽探成果顯示，基地北側地下深度 100 公尺內為約 15,000 年以來堆積之沖積層，主要以砂及泥組

成，具水平紋理，未出現膠結佳又年代老的岩盤；中央之地質公園區域則於沖積層中偶有泥層以多角度向上貫入砂層之情況；南側則由上而下依序為沖積層與岩盤，沖積層約 40-50 公尺厚，局部具有可達 20 公尺之厚層生物碎屑層，而於深度約 40-50 公尺則轉為岩盤，岩盤以膠結佳的厚層泥岩夾厚層砂岩為主，層面傾角約 40-60 度，局部出現厚約 3-4 公尺之剪裂帶，其產狀與區域古亭坑層相當，推估可能年代老至上新世。由南、北側地層產狀及深(厚)度不連續，推估兩側間可能有地質構造存在。

綜整基地地質鑽探成果與地電阻剖面探測成果顯示，橋頭園區地層可分為沖積層及老岩盤等兩類，而沖積層厚度則有北厚南薄之趨勢(圖 2.3–5B)。由沖積層之岩性對比及定年成果顯示，約於 4,700 年以來堆積之沖積層有撓曲現象，呈現向北傾之單斜構造，且老岩盤分布不連續，推估橋頭園區地下應存在近期(距今數千年來)有活動跡證之單斜構造，因此，依單斜構造及岩盤不連續位置(岩盤等高圖)等變形區域，推估基地受構造作用影響範圍如圖 2.3–8。

(3) 活動特性

A.地球物理探查

楊名與景國恩等(2021)及趙家賢(2019)利用 2015-2018 年高鐵跨斷層路段附近之 GPS 及水準點測量監測資料製作東西向、南北向及垂直向成果圖指出，在水平速度場方面，位移速度變化以東西向最為明顯，主要變化範圍發生在高鐵里程約 331+500 至 331+830 之間，地表以及高架橋結構都呈現約 10mm/yr 的速度差異，而軌道約在里程 331K+640 處發生剪切錯動位移現象，變形情況則約在里程 331+830 逐漸趨緩，可見車瓜林斷層在平原區之近期活動特徵，可能以橫向潛移性質為主，速度變化帶範圍至少約有 330 公尺(圖 2.3–9)。

B.InSAR 分析

藍振維等(2021)亦利用 Sentinel-1 衛星資料，針對滾水坪地

區進行 ATS-InSAR 分析，並計算升軌及降軌結果重疊區域後發現，在東西向分解結果中，南邊區域呈現相對於北邊有約 10~20mm/yr 之向西變化情形；垂直向分解結果中，則相對於東西方向變化上，較無明顯地表抬升或下沉之現象，再根據速度有差異的位置，推估其為車瓜林斷層通過，而造成南北側有不等量的水平方向變形(圖 2.3–10)，對比趙家賢(2019)之 GPS 資料顯示軌道剪切錯動位置大致吻合。

表 2.3–1 計畫區域地質構造分布與特性一覽表

地質構造	構造類型	走向	長度(公里)	與基地位置相關性
南安老向斜	向斜褶皺	北側由北北東走向，向南轉為東北東走向	-	基地外東側，最短距離約 3.7 公里
車瓜林斷層	逆移斷層	北段呈北東走向，南段轉為東北東走向	22	通過基地中央地質公園以北
旗山斷層與深水斷層	逆移斷層	東北走向；深水斷層由北東北走向轉為西南走向	30	基地外東側，最短距離約 4 公里

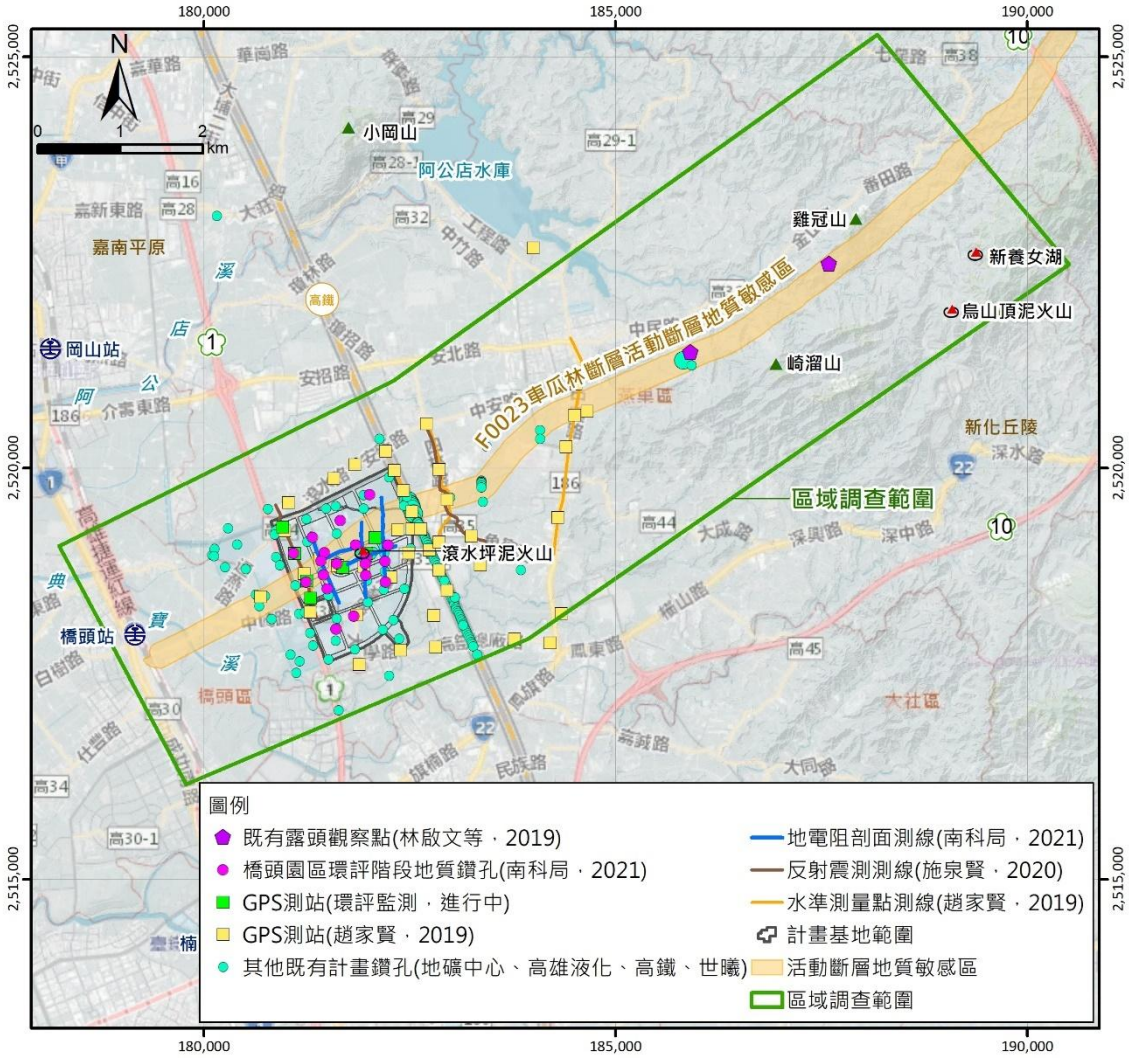


圖 2.3–1 區域調查範圍車瓜林斷層相關既有資料分布圖



可辨識斷層帶延伸約2 公里，斷層帶寬約110 公尺，由數條位態相近、呈髮辮狀交織之斷層泥帶所構成



斷層上盤為泥岩夾薄層砂岩，偶夾中層砂岩；斷層下盤為鉛直受染為黃棕色薄砂頁岩互層，斷層帶出露約80 公尺寬。



古亭坑層受擾動或剪裂，上盤有數條與主斷層面平行的分支斷層，岩層傾角向東逐漸變緩，直到旗山斷層下盤；此處主斷層截切另一組更陡的向東傾斜斷層，下盤岩層向西高角度傾斜，並發育一組低角度向東或向南傾斜之斷層帶，斷層帶由數條厚約數十公分斷層泥構成



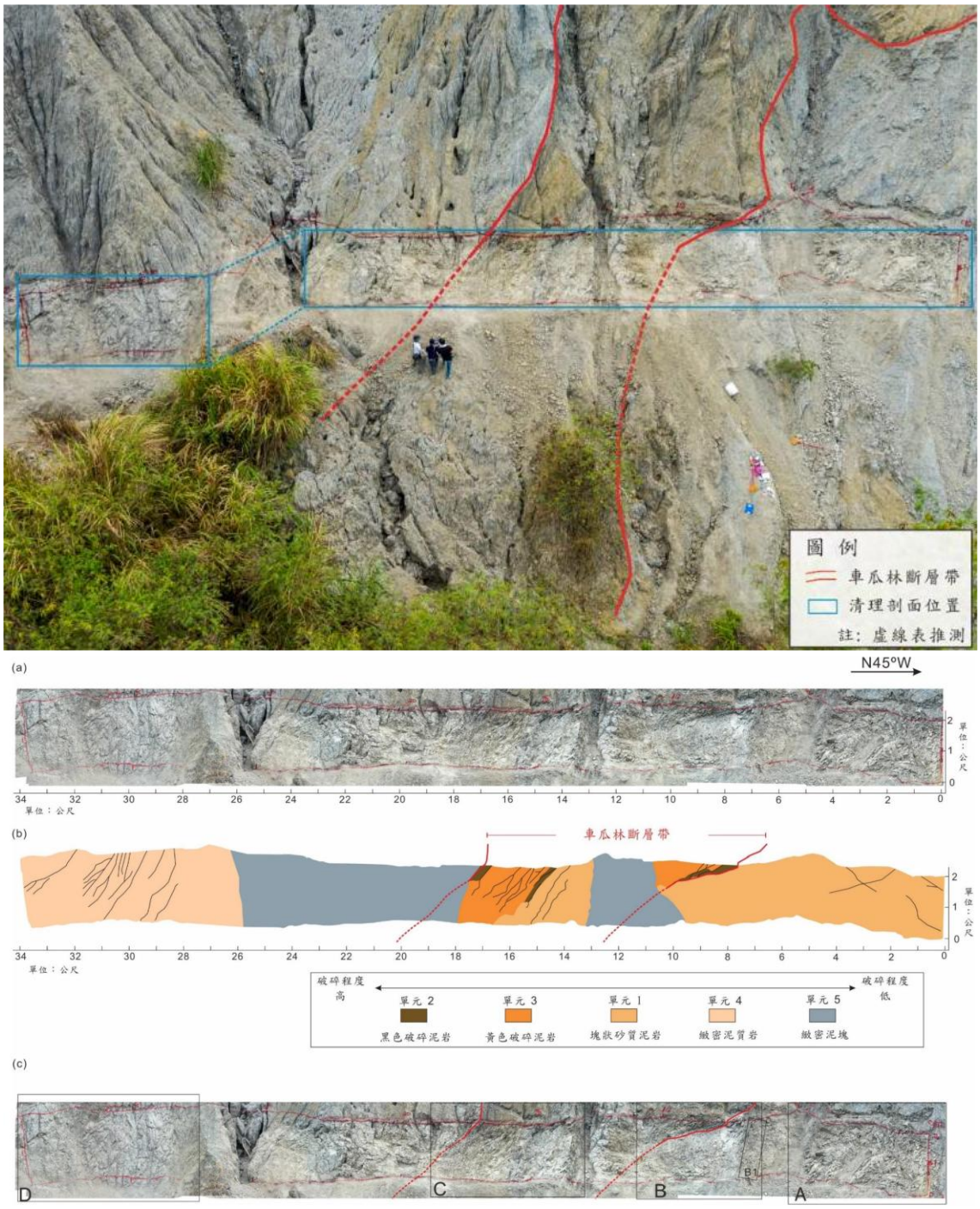
斷層帶上局部覆蓋厚約1~2 公尺的沖積層，由高角度向東南傾斜泥岩與其層間滑動面、岩層褶曲構成。

照片資料來源：
臺灣南部車瓜林斷層的構造特性研究(劉彥求與林啟文，2019)



資料來源：修繪自活動斷層地質敏感區劃定計畫書-F0023
車瓜林斷層(地礦中心，2023)

圖 2.3–2 車瓜林斷層沿線地表特徵及位態一覽圖



資料來源：斷層活動性觀測研究第四階段 (3/4)(地礦中心，2020)

*註：剖面平面位置約位於圖 2.3–2 之點 2 。

圖 2.3–3 高 40 公路剖面清理後影像圖及立面測繪結果

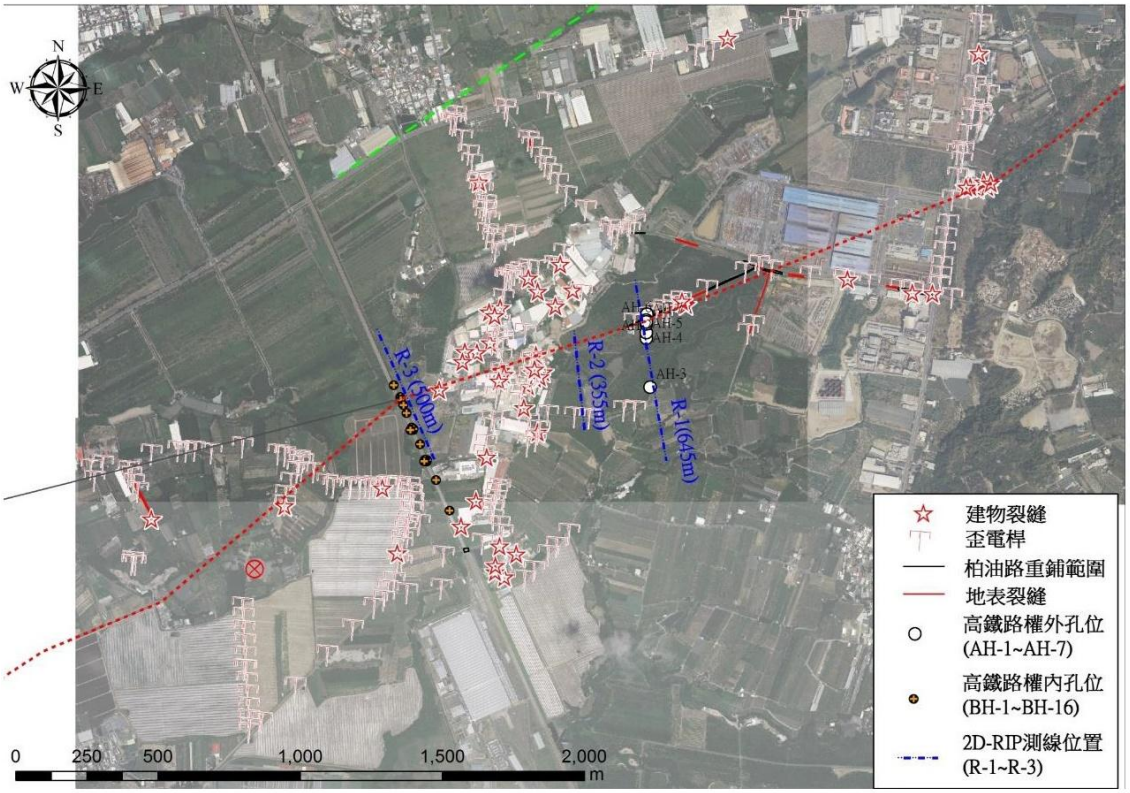


圖 2.3–4 推估車瓜林斷層南段的地表潛移位置(富國工程，2015)

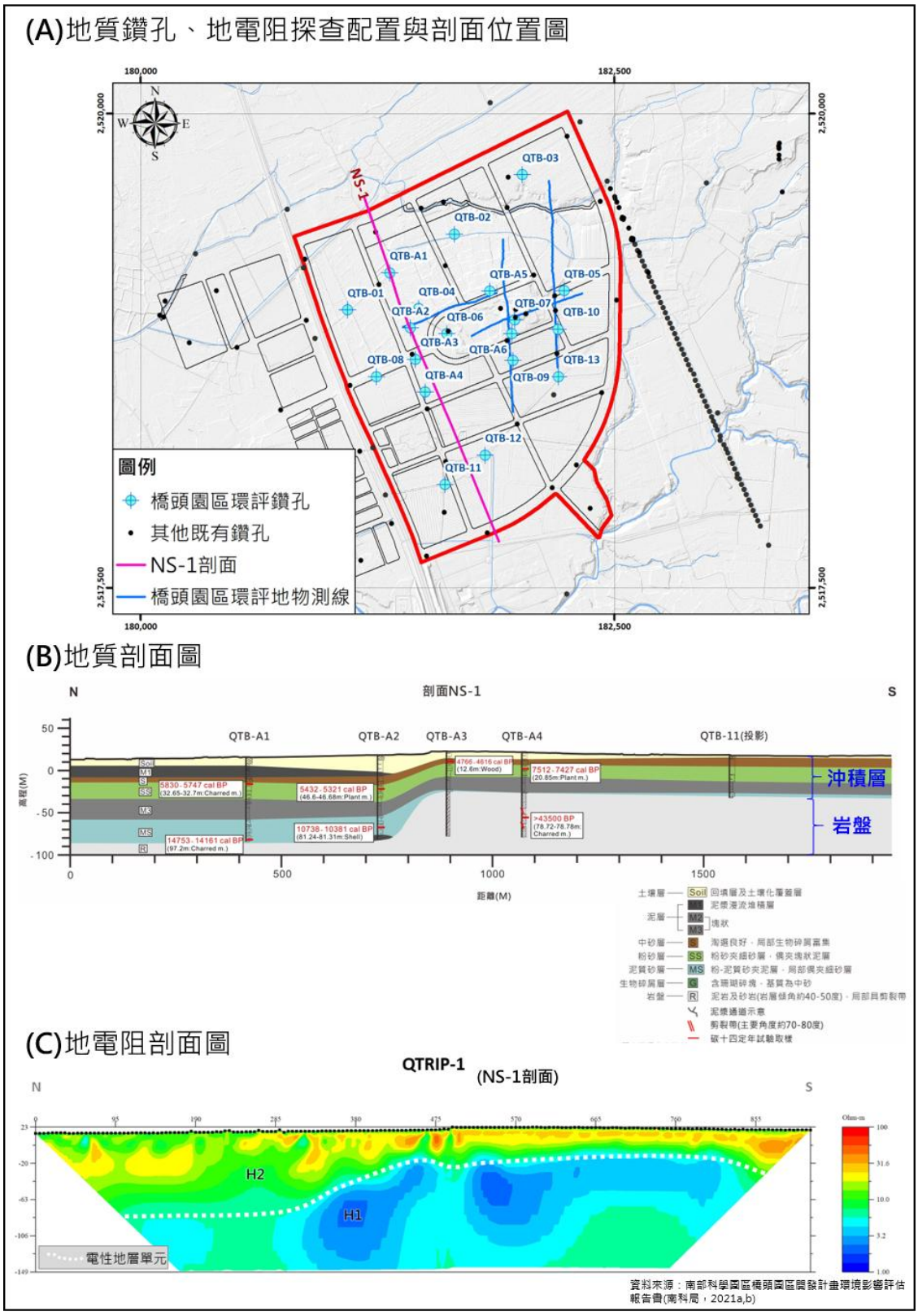
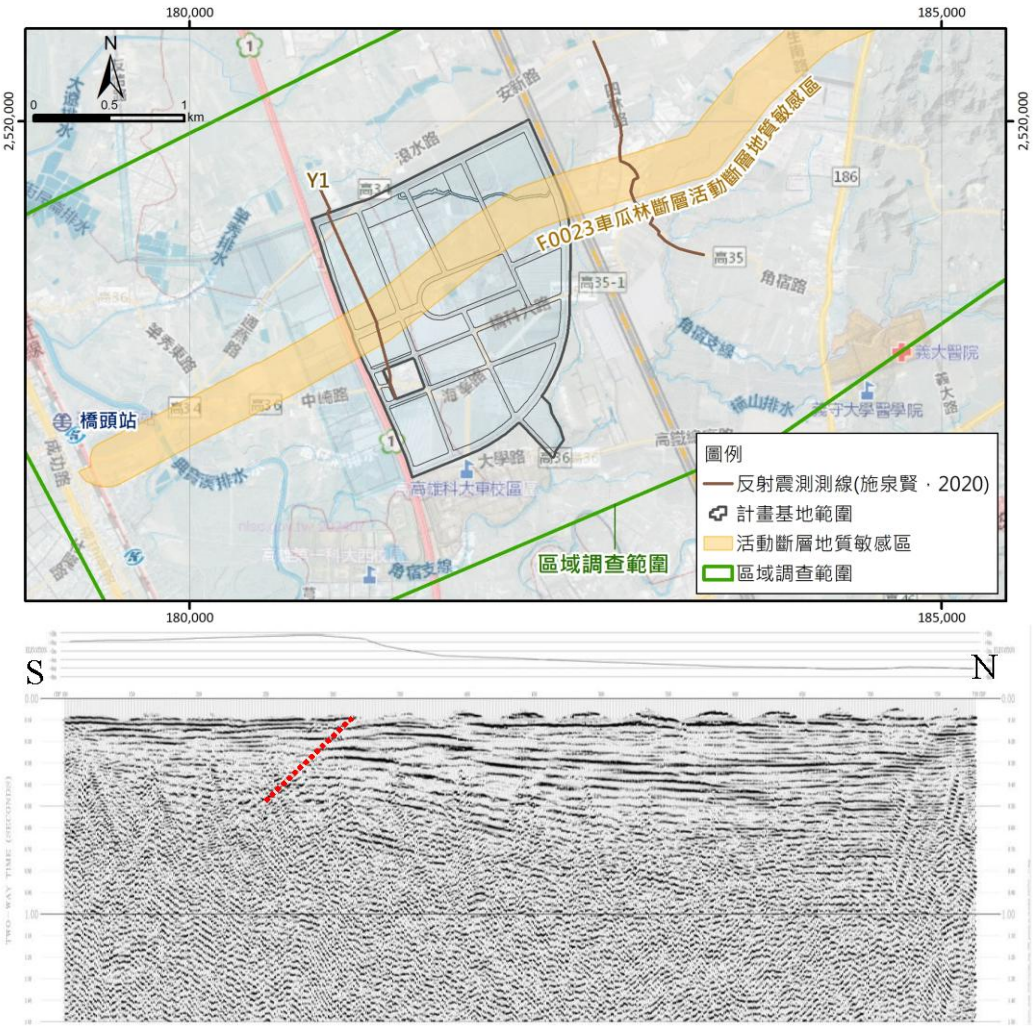
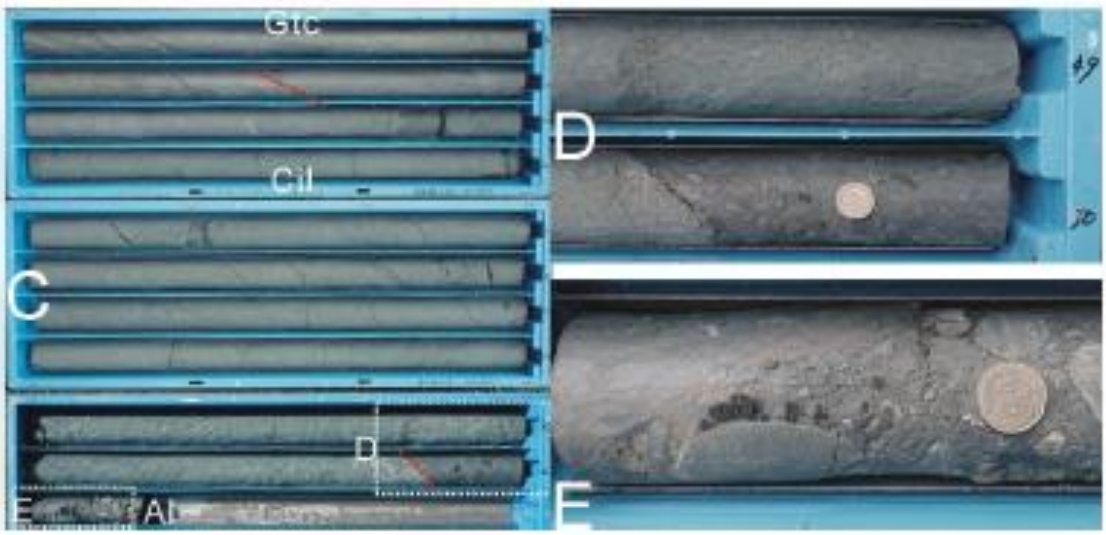


圖 2.3–5 橋頭園區環評階段基地地質調查成果



資料來源：活動斷層地質敏感區劃定計畫書F0023車瓜林斷層(地礦中心，2023)

圖 2.3–6 地礦中心(2023)解釋施泉賢(2020)Y1 震測剖面



* 註：鑽孔位置詳圖 2.3–2。

圖 2.3–7 車瓜林 1B 鑽孔鑽遇斷層岩心照片(顏一勤，2019)

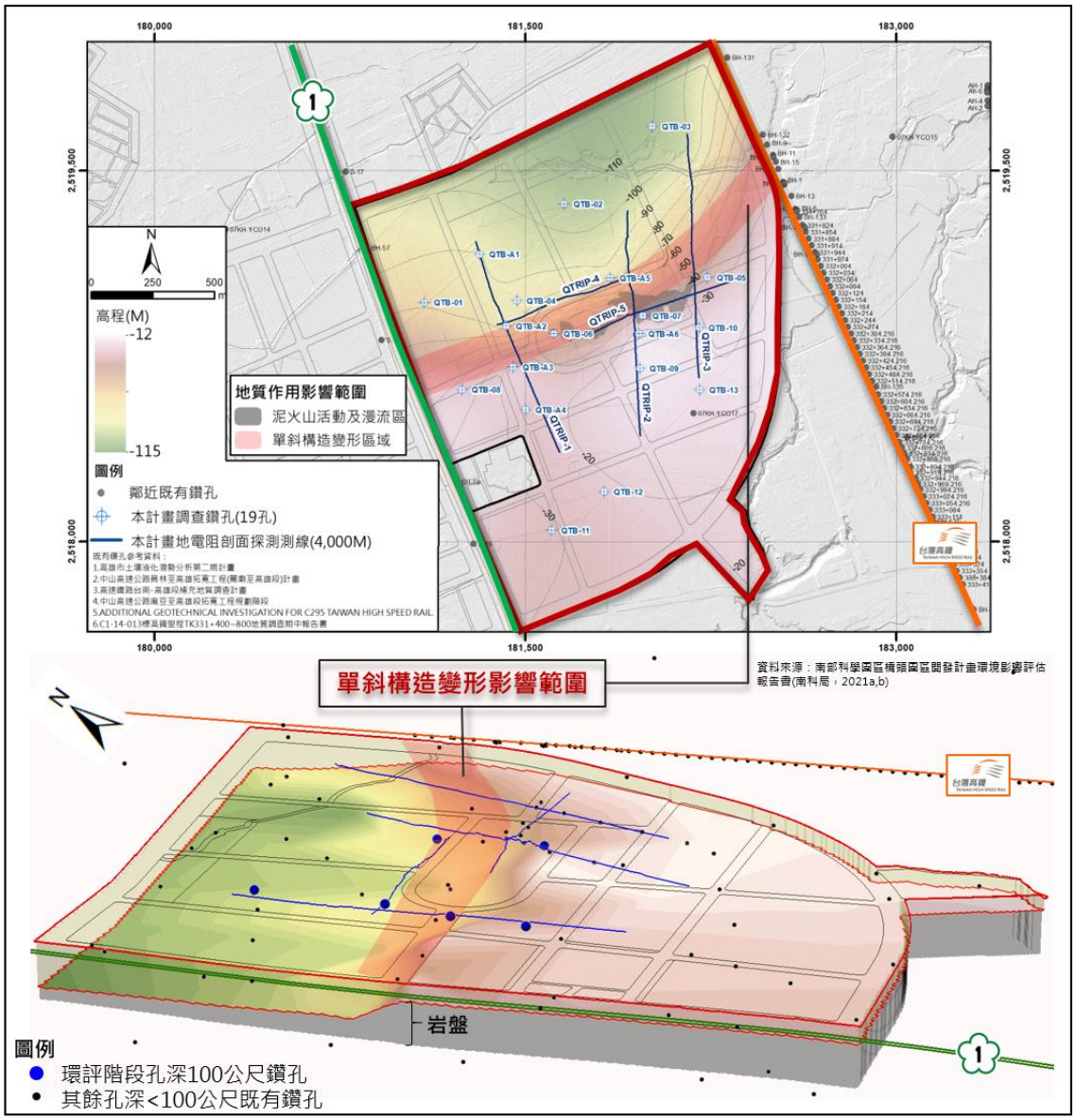
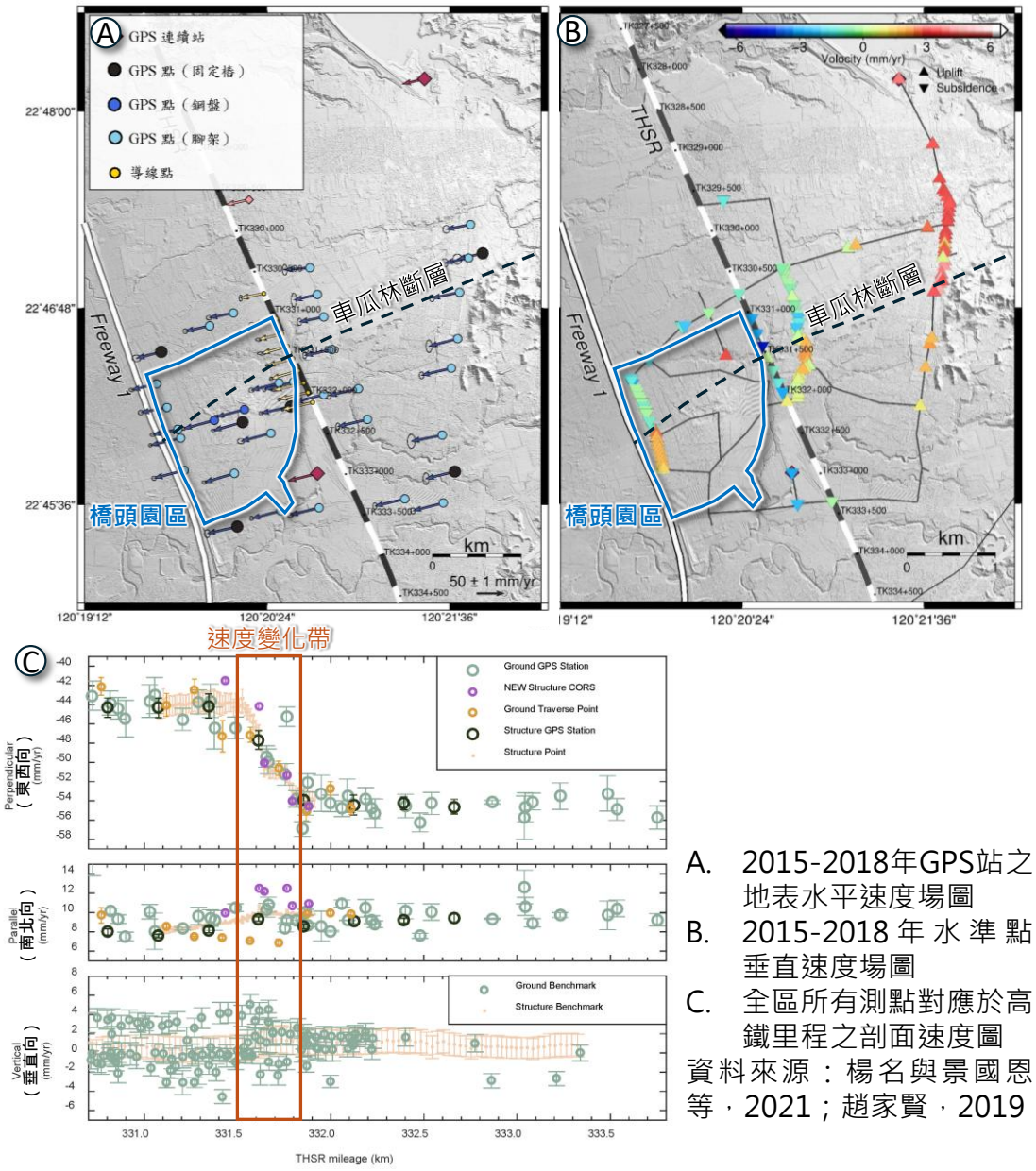


圖 2.3–8 橋頭園區環評階段推估之岩盤等深圖



A. 2015-2018年GPS站之地表水平速度場圖
B. 2015-2018 年水準點垂直速度場圖
C. 全區所有測點對應於高鐵里程之剖面速度圖

資料來源：楊名與景國恩等，2021；趙家賢，2019

圖 2.3–9 橋頭園區附近區域 GPS 及水準點監測速度場圖

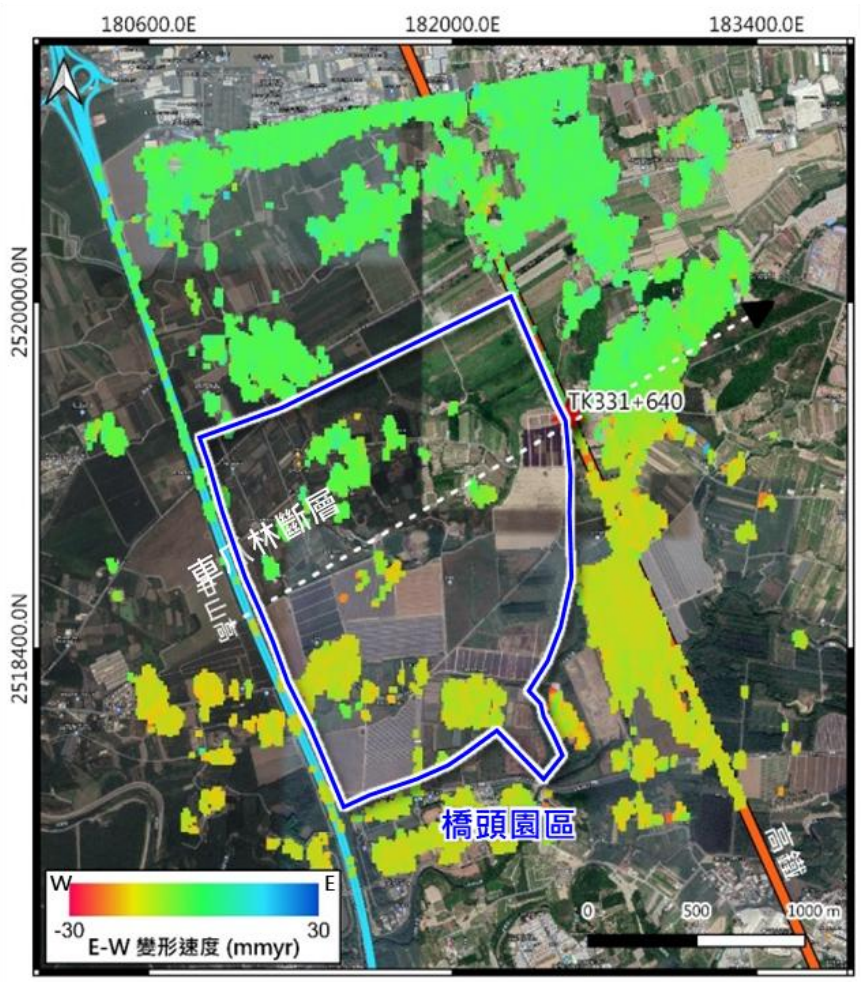


圖 2.3–10 藍振維等(2021)滾水坪 ATS-InSAR 分析東西方向成果

2.4 區域現地查核

本計畫以地礦中心出版之車瓜林斷層線形(2023)、車瓜林斷層條帶地質圖(2023)及台灣五萬分之一地質圖幅第 56 號-旗山(2013)為基本區域地質架構，配合前節地形判釋結果及劉彥求與林啟文(2019)之野外調查點為區域現地查核目標，輔以 Google Earth 2022 年 2 月 2 日及 2024 年 2 月 12 日之衛星影像為調查底圖，於區域調查範圍進行現地查核工作。調查內容主要包括基地及周邊區域之地形、地質與斷層跡之現況、露頭定位及地質特徵觀察紀錄。

本工作共完成 112 處查核點，各查核點位置及路線軌跡詳圖 2.4–1，東側丘陵區較易觀察到地層露頭及斷層帶區域特徵，平原區則因地勢平坦，為沖積層所覆蓋，斷層特徵不易追蹤，故以斷層帶區域的地表建物為主要查核目標，結果顯示，區域調查範圍內主要出露之地層包括沖積層、崎頂層及古亭坑層，其中沖積

層分布於西側平原區，因平原區多受人為整地影響，沖積層不易見，而崎頂層及古亭坑層則主要出露於東側丘陵區，分布最廣地為古亭坑層泥岩，出露形成惡地地形；車瓜林斷層帶於丘陵區約由雞冠山及崎溜山邊緣低地經過，向西南延伸至平原區；區域內三處主要泥火山活動區目前仍穩定噴發中，另外於丘陵區及基地區域各發現一處突發性噴泥區，地表泥漿漫流，植生狀況不佳，查核紀錄詳見附錄二，成果(圖 2.4–2 至圖 2.4–5)概說如後。

1. 東側丘陵區
   (1) 古亭坑層：現況以深灰色泥岩出露為主，普遍分布於丘陵區及車瓜林斷層兩側，為區域內主要之基盤地層，地層走向大致為北東 - 東北東走向(N30-67˚E)，並高角度朝(東)南(約 65-72˚S)傾斜，與長條狀丘陵地形及車瓜林斷層走向相當，近斷層帶區域局部於泥岩中出現小型剪裂及褶曲構造，泥岩組成緻密，但抗風化侵蝕能力低，易裸露於地表形成惡地地形，表面多樹枝狀蝕溝，寸草不生；於崎溜山區域出露雞南山透鏡體，現況以黃灰色塊狀砂岩為主，淘選佳，緻密，局部夾有石英質小礫，礫石為圓-次圓狀，層面明顯，地層大致為東北東走向(N67˚E)，並高角度朝南(72˚S)傾斜，地形上可明顯觀察到與地層走向一致的條狀丘陵起伏。
   (2) 崎頂層：以黃褐色風化砂岩出露為主，分布於車瓜林斷層北側(下盤)，層面明顯，地層呈北西走向，低角度朝南傾斜，地形緩起伏呈丘狀，表面植生覆蓋。緊鄰斷層跡下盤處有雞冠山石灰岩出露，地形上因差異侵蝕而高聳獨立，山峰遠看呈雞冠形貌。
2. 西側平原區：平原區以現代沖積層及臺地堆積層為主，多為砂與泥組成，在丘陵與平原區交界處，可觀察到開始出現堆積物覆蓋於古亭坑層泥岩惡地上的情況，厚度為公尺等級，越往西側平原區，沖積層厚度漸厚，地形逐漸平坦。本計畫基地即位於平原區範圍，基地全區地形起伏甚小，唯一高區出現於中央的滾水坪泥火山區域，基地區域原為台糖農地，故地表以耕種土壤覆蓋居多，現正進行整地工程，現場有高挖低填的情況，整體地表已由人工回填層取代，由區域地層分布而言，在回填及耕種翻地土層之下，應為現代沖積層。
3. 泥火山活動區

(1) 新養女湖泥火山：位於丘陵區中較低窪地區，現況可觀察到的噴泥口有 6 處，目前至少有三處正在持續噴泥中，因地下水豐沛，噴泥口形貌以噴泥池為主，其餘小型的則為噴泥碗或噴泥洞。

(2) 烏山頂泥火山：位於惡地地形區，現況可觀察到主要活動區至少有三處噴泥口，形貌以噴泥錐及噴泥盾型式，周邊則有數個較小型噴泥口，部分仍持續噴發中。

(3) 2024 新噴發泥火山：位於惡地地形中較低窪區域，未見明顯噴泥口形貌，但泥漿漫流區域廣，由於活動區域位於道路旁，現場已設置導流溝，將泥漿從路面下引流至外圍區域。

(4) 滾水坪泥火山：現況地表活動分布於本計畫基地中央的地質公園範圍，主要活動區(A 區)為噴泥盾形貌，有一處噴泥口噴發中，泥漿持續湧出，漫流區域廣泛，形成局部地形高區；屬於間歇性活動的 B、D 及 E 區之噴泥口以仍持續活動，C 區未見噴泥事件；突發性噴泥區目前僅發現近年噴發的 K 區有噴泥口持續有噴泥活動，現場可觀察到的噴泥口至少有 6 處，形貌為噴泥洞，多為平面型，僅其中一處略凸出地表，但形貌不及噴泥盾或噴泥錐明顯，目前持續噴泥地為其中三處。除了地表勘查外，另利用環評階段與本計畫施作之地電阻影像剖面及地質鑽探岩心進行泥火山區域的地下特徵判釋，由地電阻影像剖面判釋結果顯示，泥火山活動區常見電性地層單元 C 層及 F 層，兩層的電阻率特徵為小於 5ohm-m，C 層呈垂直向的錐狀或管狀由地下深處向上延伸近地表，延伸性不佳，而 F 層則呈水平分布於近地表處，常延展數公尺至數十公尺(圖 2.4–6)；而由鑽探岩心判釋結果則顯示，在泥火山活動區內及附近，常於地下約 20~50 公尺的砂層或砂泥互層中，出現厚度常為數公分至數十公分，甚至可達公尺等級的均質泥層(圖 2.4–7)，呈現非水平堆積、且常以高角度傾斜截切並貫穿周圍沉積層。綜合圖 2.1–5 的泥火山地表活動區域及這些電性地層單元 C 層與岩心貫入泥層特徵出現位置的分布(圖 2.4–8)研判，這些特徵可代表泥漿通道，目前地質公園已包含現生噴泥口及大部分已發現的地下泥漿通道，而這些通道與現生噴泥口無絕對正相關性，代表其可能為老通道或其通道迂迴於地下未直接穿出地表，故仍可作為泥火山噴發的可能路徑之一，而

現場工程開挖工作中，亦有區域在約 14 公尺以下遭遇泥漿問題，故建議在開發地質公園周邊應優先注意 10~20 公尺以下的開挖工程，可能遭遇泥漿通道而造成泥漿漫流入工程範圍。

4. 車瓜林斷層帶：在丘陵區，車瓜林斷層略從雞冠山及崎溜山邊緣的低窪地穿過，兩側均為古亭坑層泥岩，從現況觀察可見，約在國道 10 號以南位置，可在斷層跡附近的泥岩惡地地形中，略見較周圍灰色泥岩更緻密的細條帶，呈灰黑色，高角度朝東傾斜，至平原區以前，中間較無明顯斷層相關露頭出露，另從橫跨斷層跡的道路、溪溝護岸及橋梁等人工構造物觀察，地形無明顯起伏，人工構造物則無明顯斷裂或破損情況；進入平原區，地形平坦，現況已為主要生活區域，無法在現場進行斷層露頭觀察，僅由橫跨斷層跡及斷層帶附近的道路、鐵路及建築等人工構造物進行觀察可見，部分人工構造物有些微斷裂或破損情況，有破損的構造物多為花圃或圍(磚)牆等，破損處有些為異材質拼接位置，有些為均勻材質間地破裂，整體而言無統一的破裂方向，每處破損情況的延續性不佳，多為局部破損。

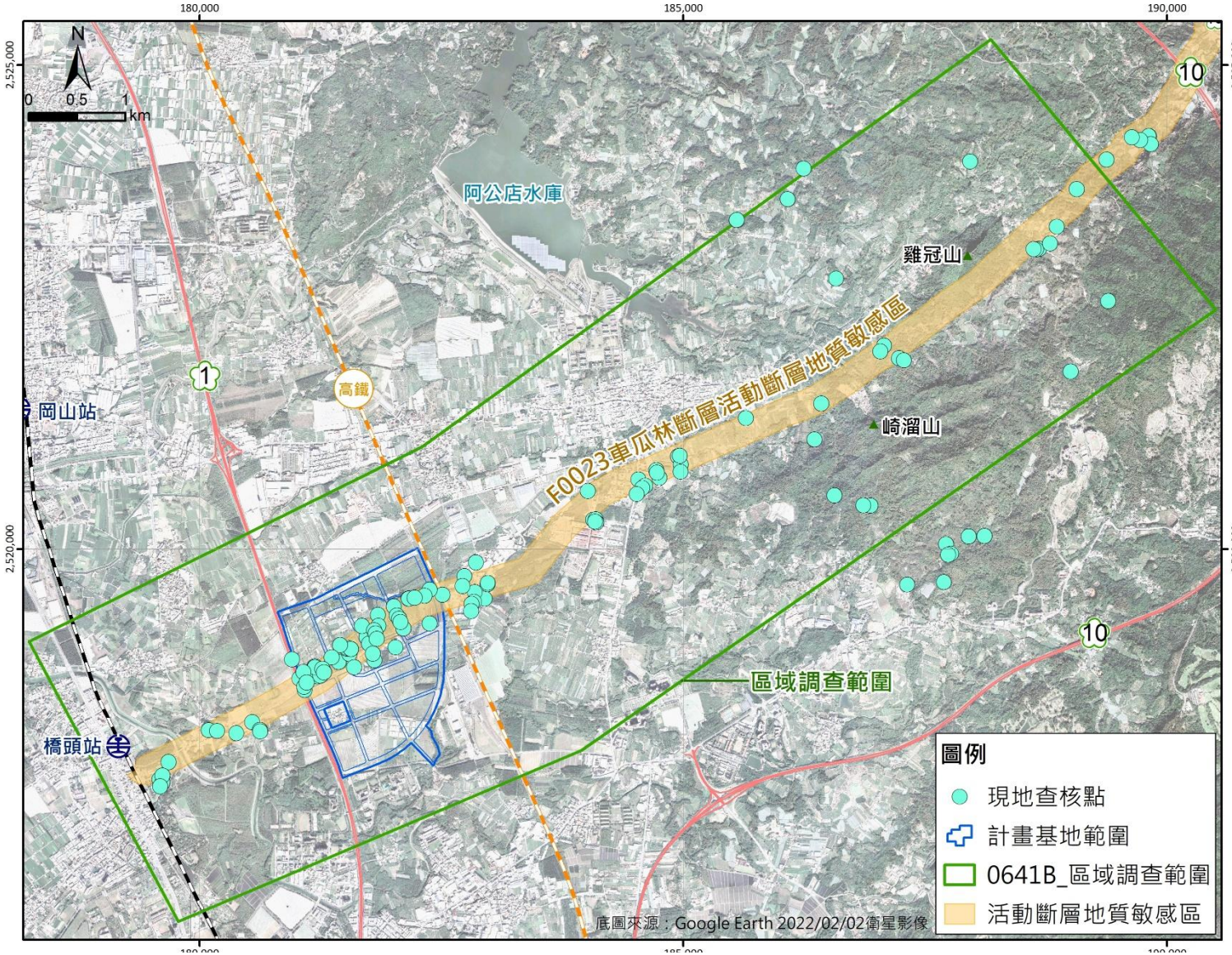
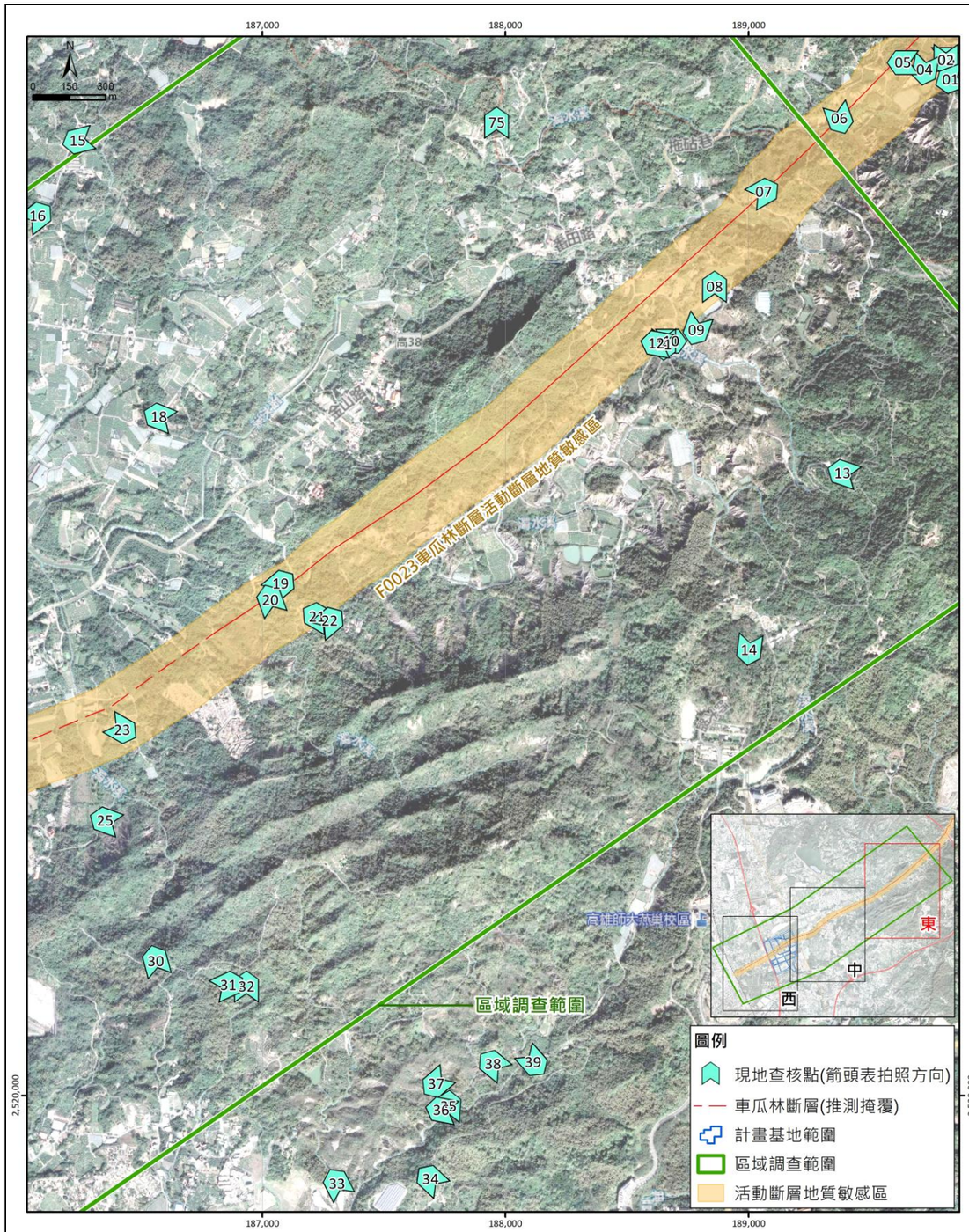
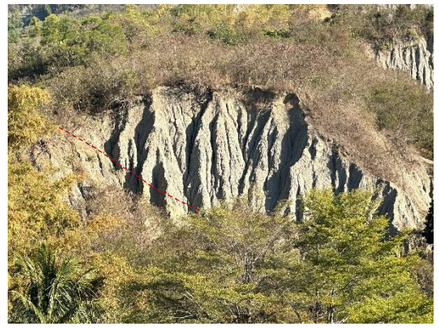


圖 2.4–1 區域現地查核點分布圖





點 02：古亭坑層泥岩出露，展距約 20 公尺，高約 5 公尺，表面受風化侵蝕，層面位態 N30˚E/65˚S，屬於惡地地形。



點 04：位於車瓜林斷層帶，略見一灰黑色剪裂帶呈北東走向，高角度朝東傾斜，出露地層為古亭坑層泥岩，屬於惡地地形。



點 06：車瓜林斷層約橫越太陽橋並沿著此溪溝通過，對岸為上盤，現況橋面、橋台及溪溝兩側護岸皆完整，無破損處。



點 10：位於敏感區邊界，周圍為古亭坑層泥岩惡地，中央為 2024 年新噴發泥火山，噴發點應位於樹叢中，已設置導流溝引流泥漿。

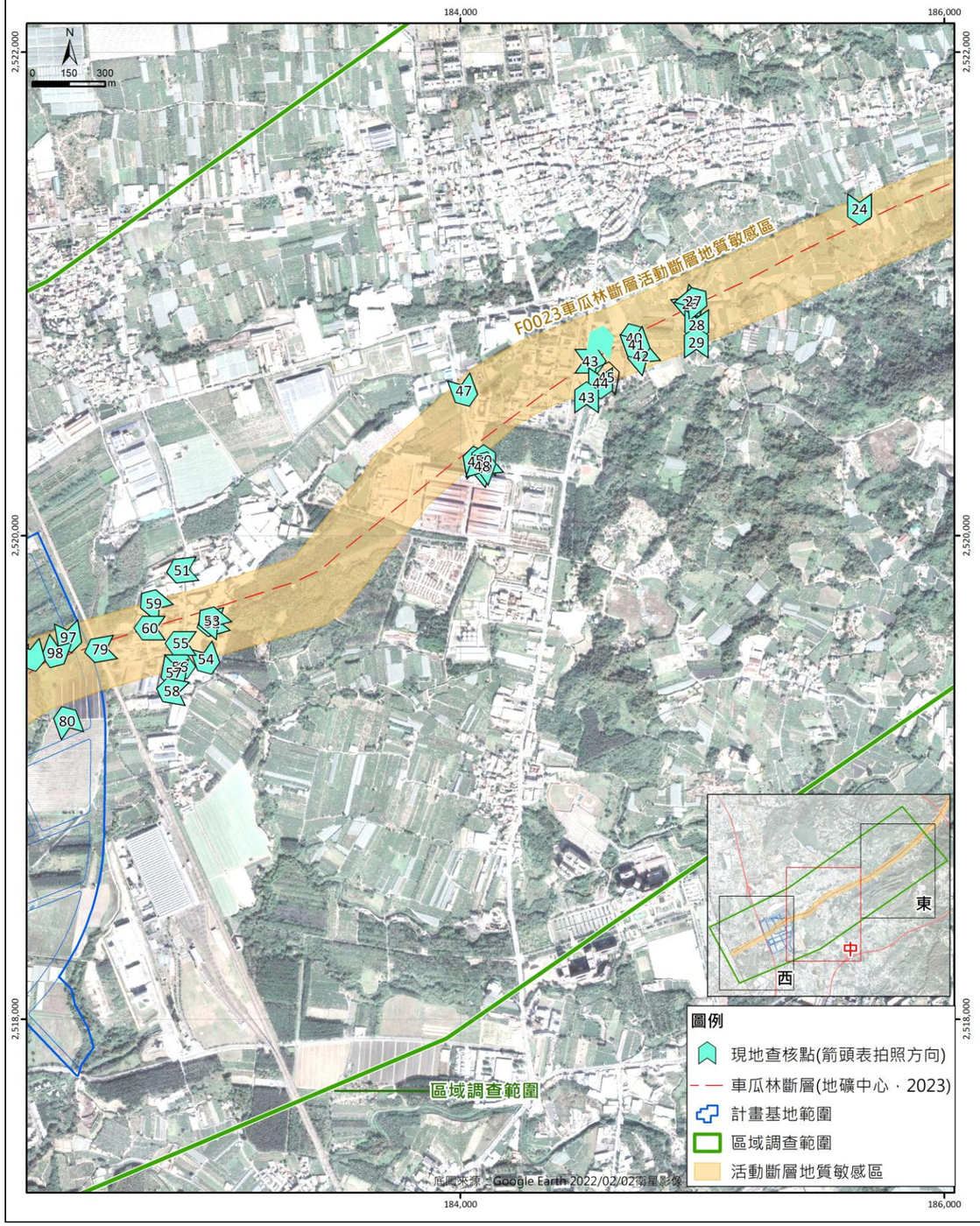


點 13：新養女湖泥火山，現況至少可發現 6 個噴泥口，其中有兩個仍噴發中，形貌包括噴泥池、噴泥碗、噴泥洞等。



點 14：烏山頂泥火山，現況至少可發現 3 個主要噴泥口，形貌為噴泥錐及噴泥盾，周邊則有數個小型噴泥洞，部分仍噴發中。

圖 2.4–2 區域現地查核成果圖(東調查區)1/2





點 18：塊狀砂岩出露，現況受輕-中度風化，層面位態 N69°W/13°S，出露位置相當於崎頂層。



點 19：由西南向東北平行斷層方向遠眺雞冠山，地形上以雞冠山為高點，向東漸緩，斷層約沿著東側凹地經過。



點 21：道路略正交斷層，由上盤側向下盤側行，現況道路蜿蜒，無明顯起伏及破損



點 25：斷層帶上盤出露的古亭坑層泥岩惡地，露頭展距約 140 餘公尺，壁面多有侵蝕痕跡，局部可見泥岩上方位沖積土層所覆蓋。

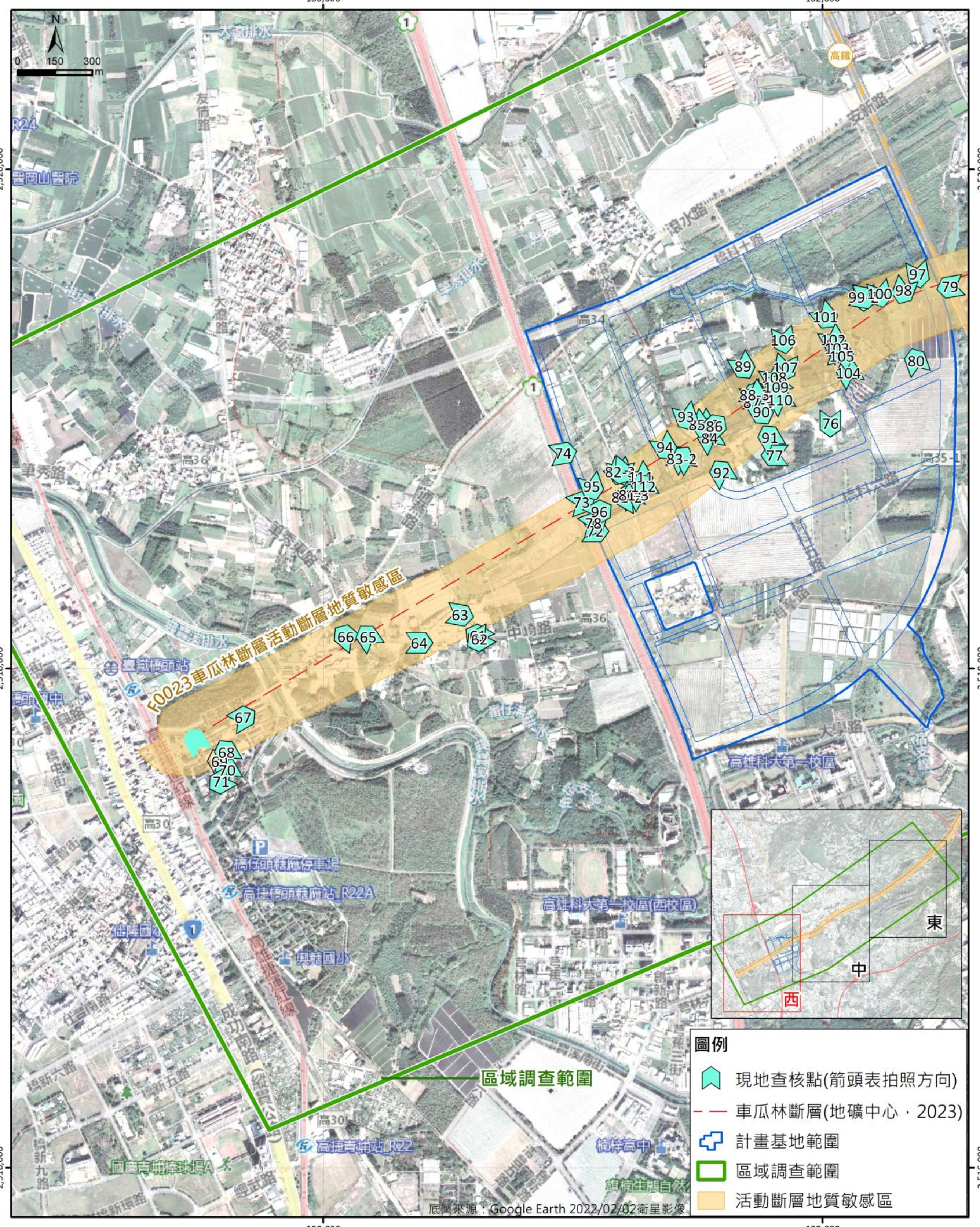


點 31：崎溜山出露的塊狀砂岩，展距約 20 公尺，高約 5 公尺，為古亭坑層雞南山透鏡體，層面位態為 N67°E/72°S，局部夾有石英質礫。



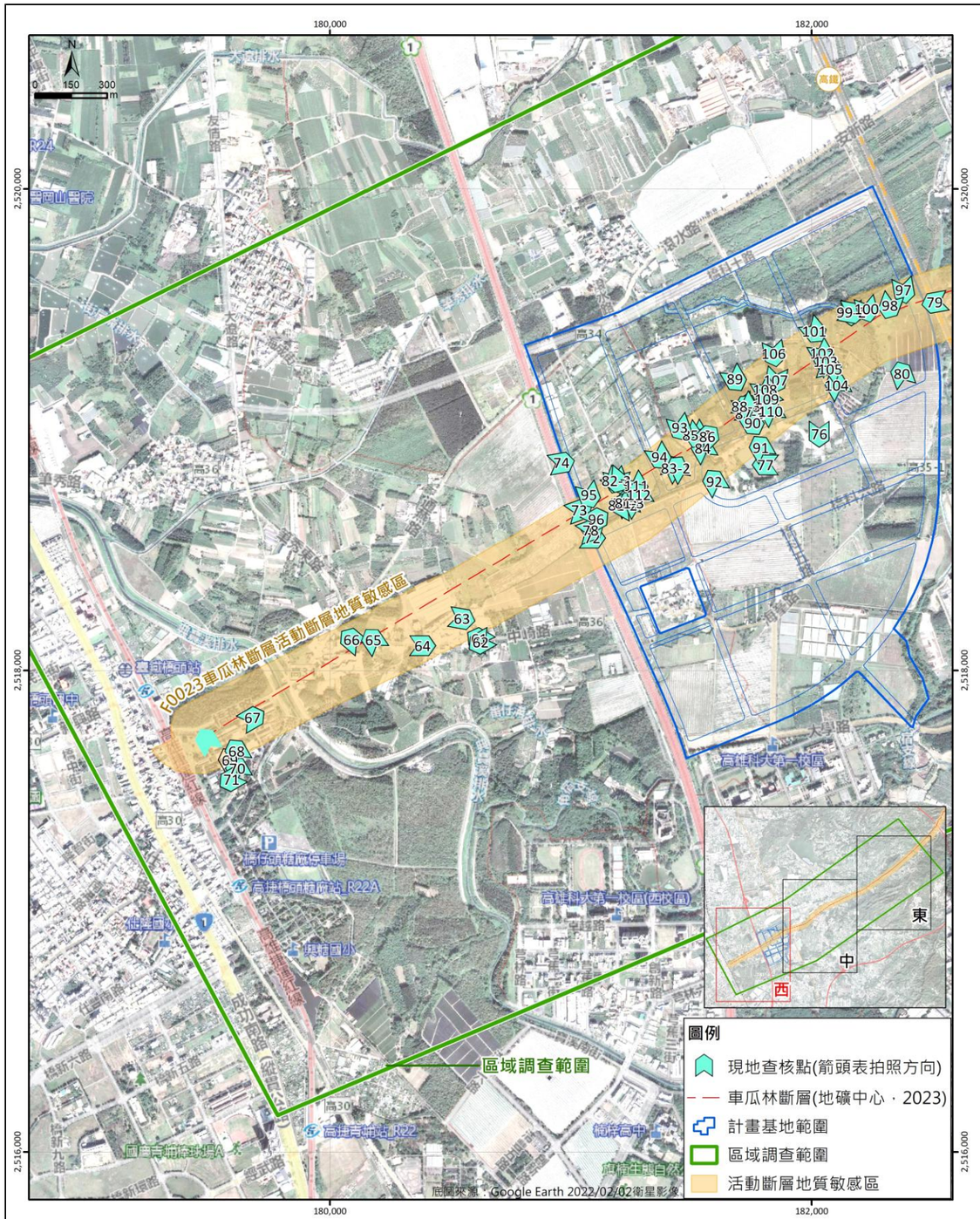
點 34：風化砂岩出露，淘選佳，緻密，輕-中度風化，層面不明顯，出露位置相當於烏山層砂岩。

圖 2.4–3 區域現地查核成果圖(東調查區)2/2



	
點 27：車瓜林斷層約橫越信寶僑並沿著溪溝通過，對岸為上盤，現況橋面、橋台及溪溝兩側護岸皆完整，無破損處。	點 40：道路略正交於車瓜林斷層，由上盤側向下盤行，現況道路平坦，無明顯起伏及破損。
	
點 43：位於斷層帶上的涼亭，地面平坦，局部水泥有些為破損，多為不同鋪面材質間的破裂，無系統性破裂方向。	點 46：道路略正交於車瓜林斷層，路面大致平坦，圍欄側與路面鋪面間局部有些微裂隙，可能為不同材質接縫間的破損。
	
點 53：近車瓜林斷層上盤的花圃台，現況有些微破損抬起，抬起錯距為公分等級，已用水泥填補。	點 60：車瓜林斷層跡約由此路面向工廠內延伸，現況整體路面平坦，無明顯起伏和破損，斷層跡兩側狀況相同。

圖 2.4–4 區域現地查核成果圖(中調查區)





點 65：位於車瓜林斷層跡延伸方向上的磚牆，現況有破損，破裂處牆面略往路側傾斜，路面則平坦無破損。



點 67：位於車瓜林斷層跡延伸方向上的台糖舊廠房，現況牆面、路面及軌道皆無明顯起伏及破損。



點 76：滾水坪泥火山主要活動區，泥漿漫流範圍廣，現況噴泥口仍維持原狀，形貌為噴泥盾，形成局部地形高區，周邊則較平坦。



點 77：近年突發性活動 K 區，現況至少可見 6 處噴泥口，其中 3 處目前仍噴發中，地面覆蓋泥漿，噴泥口屬於噴泥洞形貌，直徑約數公分。



點 78：由國道側位於車瓜林斷層跡延伸方向上，向東側空拍，現況已整地，全區地形平坦，地表覆蓋以整地回填層及沖積層為主。



點 79：位於車瓜離斷層通過處，由高鐵側向西拍攝，斷層約經過筆秀溪排水工程，並向西延伸，現況地形已整地，原始地貌不復見。

圖 2.4–5 區域現地查核成果圖(西調查區)

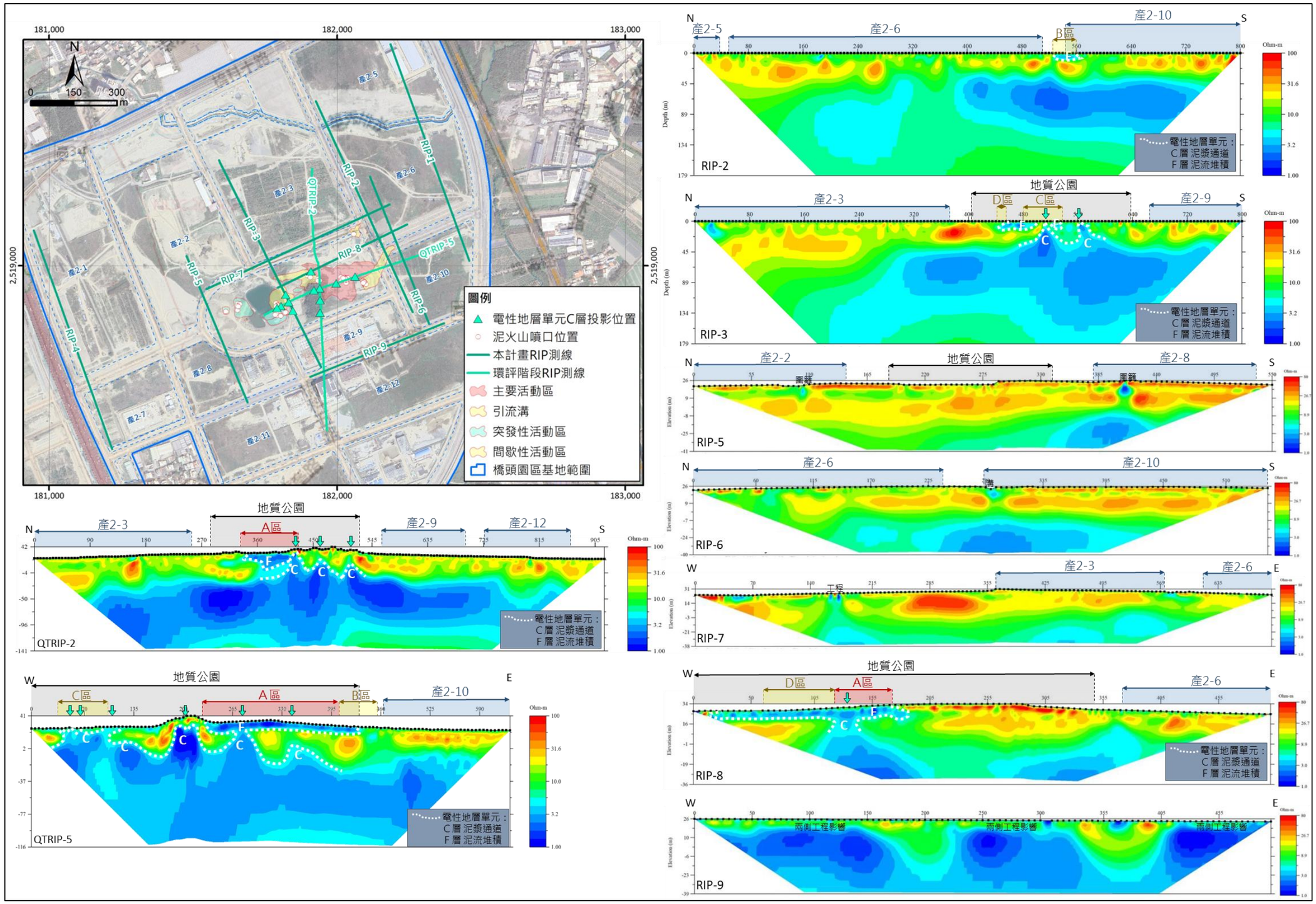


圖 2.4–6 泥火山區域地電阻影像剖面泥漿通道及泥流堆積判釋結果

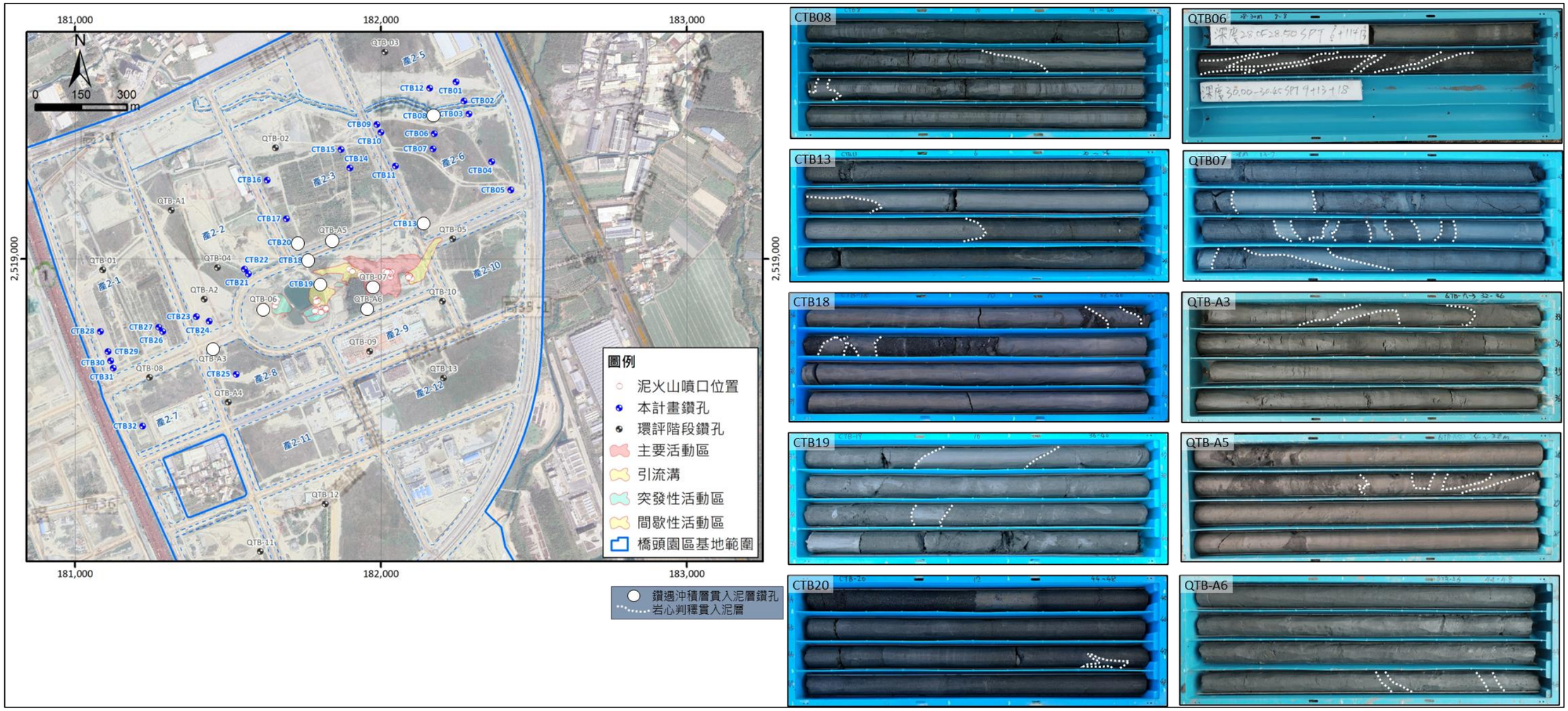


圖 2.4–7 泥火山區域鑽探岩心貫入泥層判釋結果

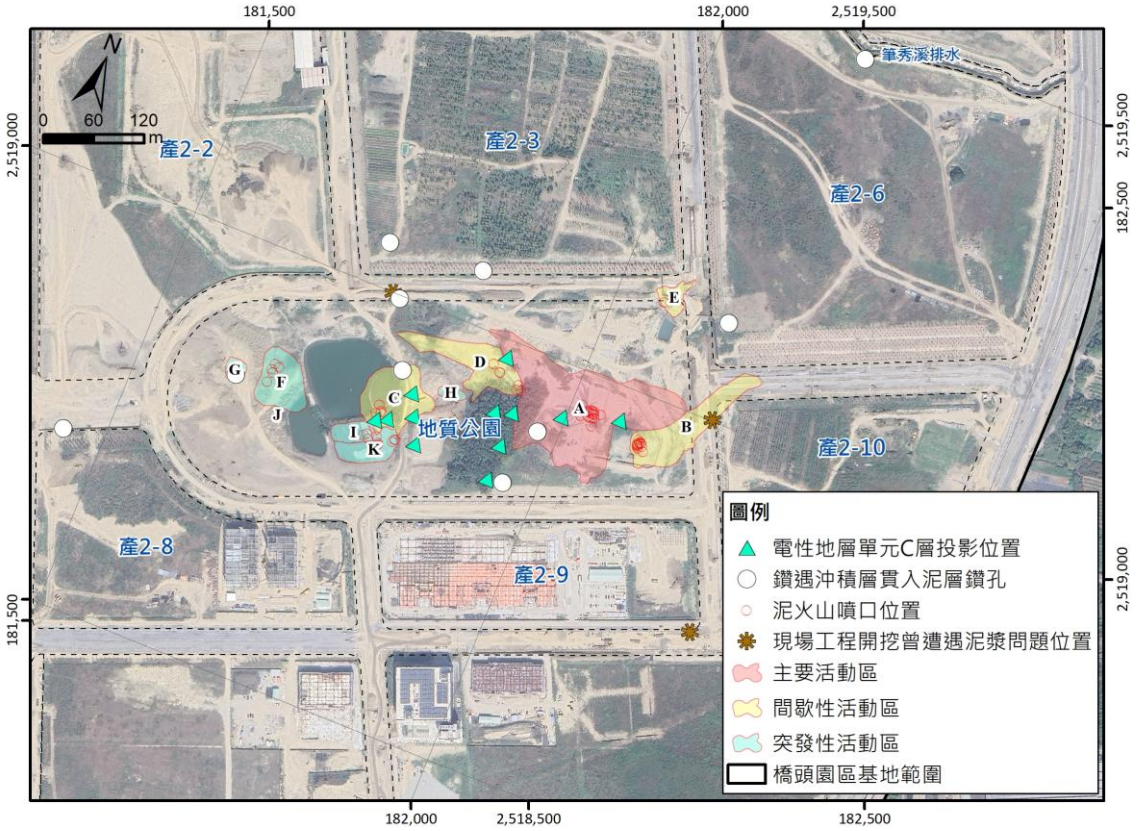


圖 2.4–8 滾水坪泥火山地下潛在泥漿通道分布圖

2.5 綜合評估

本計畫綜合區域調查工作成果，包括活動斷層地形特徵、地層分布、地質構造及現地查核等，繪製區域調查地質圖如圖 2.5–1，對於車瓜林斷層之地表特徵現況、地下構造形貌及活動特性有區域性的瞭解，說明如後。

1. 區域地形及地層分布：計畫區域出露的地層單元包括分布於平原區及本計畫基地的沖積層及臺地堆積層、於丘陵區的崎頂層(包括雞冠山石灰岩) 及古亭坑層 (包括雞南山透鏡體) 。其中沖積層由未膠結的礫石、砂與泥組成；崎頂層以砂岩為主，夾有雞冠山石灰岩透鏡體；古亭坑層則以泥岩為主，常以惡地地形出露，並夾有雞南山砂岩透鏡體。
2. 泥火山活動特徵：計畫區內的滾水坪泥火山有多個噴泥口，活動歷史最早至少可追溯至 1910 年代，可依其活動時間、頻率及位置分為主要、間歇及突發性活動區，而各區泥漿通道則迂迴於地下，雖與現生噴泥口無絕對正相關性，代表其可能為老通道或通道未直接穿出地表，仍可作為泥火山噴發的可能路徑之一，惟目前基地開發已將現生活動區域劃為地質公園，以原地保存特殊地質景觀，降低基地開發與泥火山之交互影響，建議在開發地質公園周邊應優先注意 10~20 公尺以下的開挖工程，可能遭遇泥漿通道而造成泥漿漫流入工程範圍，有關滾水坪泥火山之詳細調查已另案辦理，進一步成果可參考「南部科學園區高雄第二(橋頭)園區土地開發工程設計監造工作委託技術服務案」計畫相關報告。
3. 斷層地表特徵現況：車瓜林斷層在東北側丘陵區的泥岩惡地地形中有較良好的斷層帶特徵裸露，主斷層跡位於古亭坑層泥岩中，位態約由東北走向，向東傾約 45~70˚，往西南延伸至本計畫基地區域則轉為東北東走向，受沖積層覆蓋及人為整地影響，構造線型及特徵已不復見，惟基地區域有部分人為建物有破損或歪斜情況，可能已受到斷層潛移影響而造成變形。
4. 斷層地下構造形貌：在車瓜林以南至基地東側區域，車瓜林斷層面傾角約 50˚，由崎頂層的疏鬆砂岩逆衝至沖積層上；進入基地區域，斷層跡南側(上盤)之老岩盤深度約在 40-50 公尺，並且局部出現高角度剪裂帶，北側(下盤)則 100 公尺內可能都不會出現老岩盤，顯示車瓜林斷層距今數

千年來在此區域已造成斷層兩側老岩盤深度落差，惟地表被厚層沖積層所覆蓋，地形上並未反映構造形貌。

5. 活動特性：由大地監測及 InSAR 分析結果，車瓜林斷層為潛移性質的活動斷層，近期活動以向西橫移為主，位移速度約 1-2cm/yr，屬於右移斷層，垂直方向無明顯變動，速度變化影響範圍寬度可能超過 330 公尺。

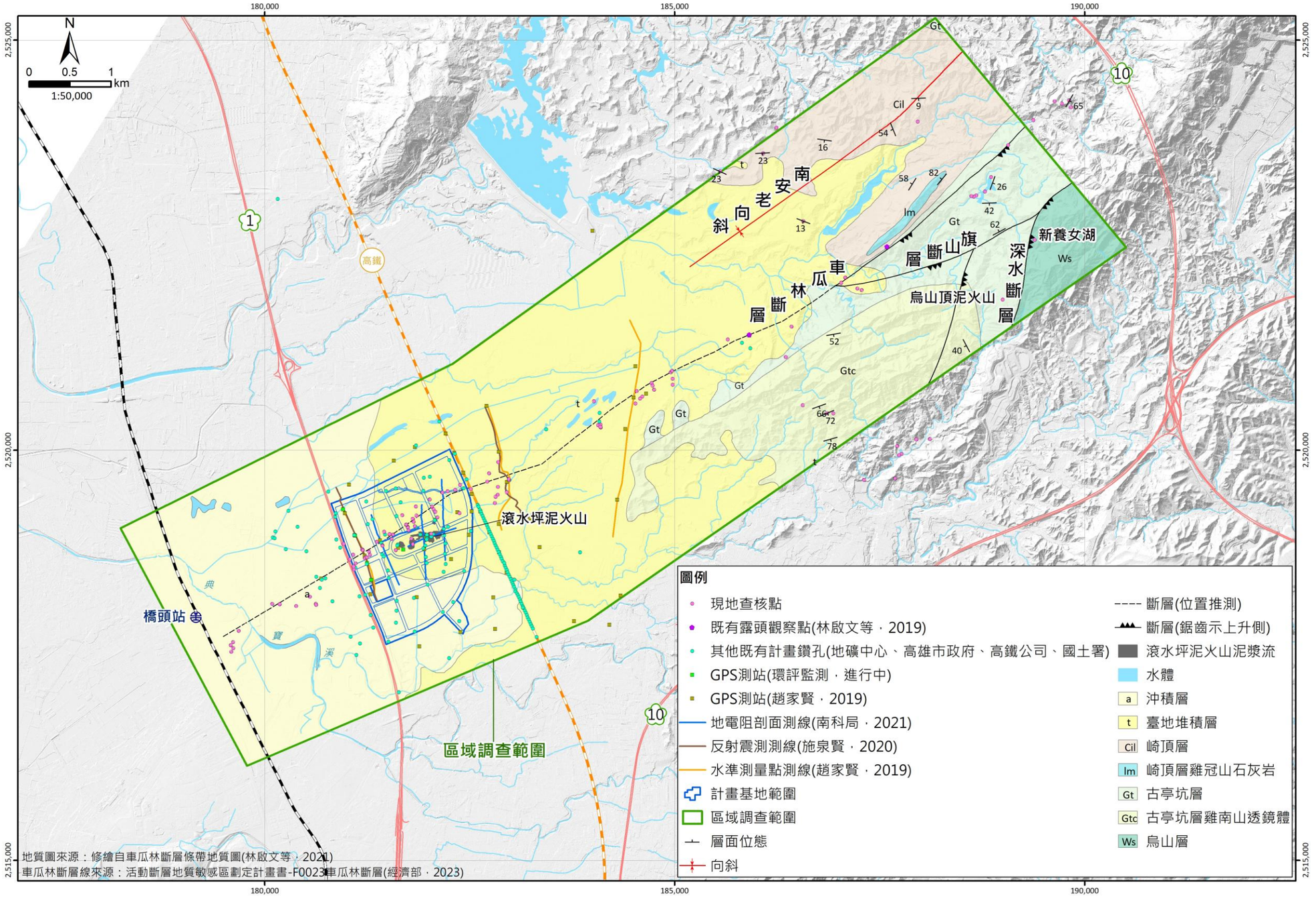


圖 2.5–1 本計畫 1/50,000 區域調查地質圖

第三章 細部調查

本計畫依「地質敏感區基地地質調查及地質安全評估作業準則」第二條、第十二條及第十四條之規定，辦理活動斷層地質敏感區之細部調查工作。本計畫基地與地質敏感區重疊之細部調查範圍詳見圖 1.4–2，總面積為 51.5 公頃，工作成果說明如後。

3.1 地形判釋

3.1.1活動斷層地形特徵

由於本計畫開始前，基地內即已開始全面進行內政部國土管理署(以下簡稱國土署)之「高雄新市鎮第二期發展區(配合科學園區)開發案區段徵收公共工程」(以下簡稱區段徵收工程案)，土地均已受人工整地，故地形判釋部分使用 Google 歷史衛星影像及整地之前的既有地形測量資料(2010)，較能代表本計畫基地及細部調查區域之地形特徵。

依細部調查範圍及地礦中心(2023)公布之活動斷層位置套疊內政部國土測繪圖資-1/5000 像片基本圖(民國 108 年與 110 年拼接)(圖 3.1–1)及 Google 歷史衛星影像(2004-2024 年)(圖 3.1–2)結果顯示，基地內地表大多為農業田埂、道路及水溝等人為地形，僅於中央區域約略可見存在有一貝殼狀階地高區，突出於周圍農田，大致以滾水坪泥火山的主要活動區為最高點，向周圍緩降，而車瓜林斷層跡從東側高鐵線形進入基地後，大致沿著貝殼狀階地高程 23~25 公尺一帶通過。

另套疊基地開發前既有地形測量資料製作地形陰影及渲染圖(圖 3.1–3)顯示，細部調查範圍中央為前述貝殼狀階地高區，內有數階向北緩降的崖階，西側則於靠南處有一階較明顯的地形崖，建立與車瓜林斷層跡走向正交之 5 條地形剖面顯示，較明顯可辨之線形崖大致以滾水坪泥火山為中心往北呈放射狀分布，其形成原因應與泥火山的長期斷續噴發有關；車瓜林斷層相關活動則未在基地範圍內留下明顯的地表跡證。

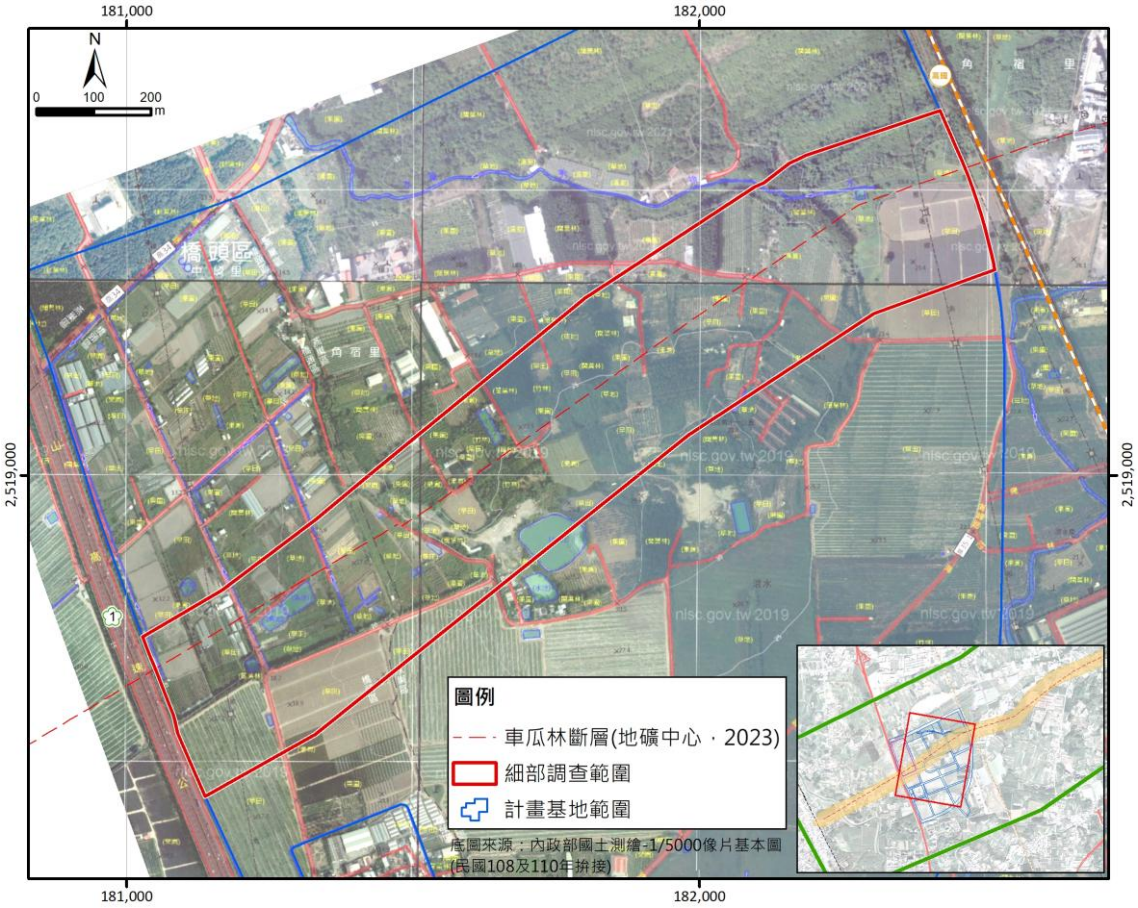


圖 3.1–1 細部調查範圍套匯 1/5000 像片基本圖成果

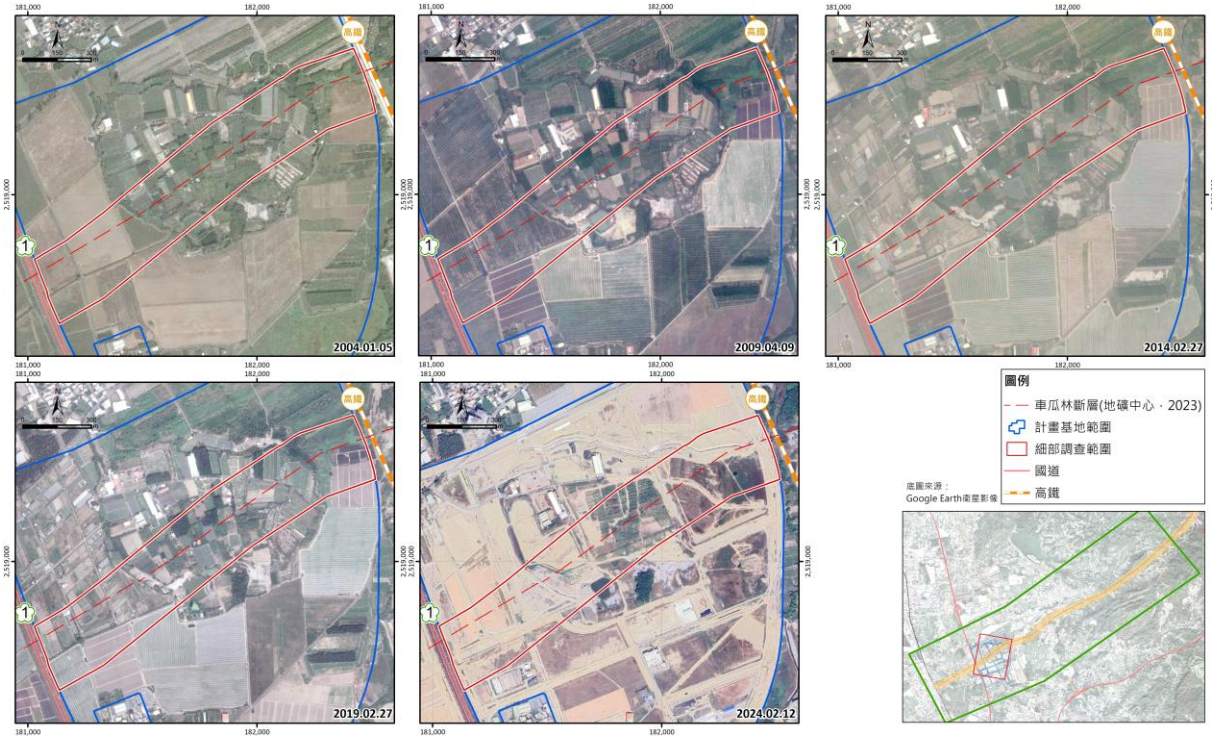


圖 3.1–2 細部調查範圍套匯 Google 衛星影像成果圖

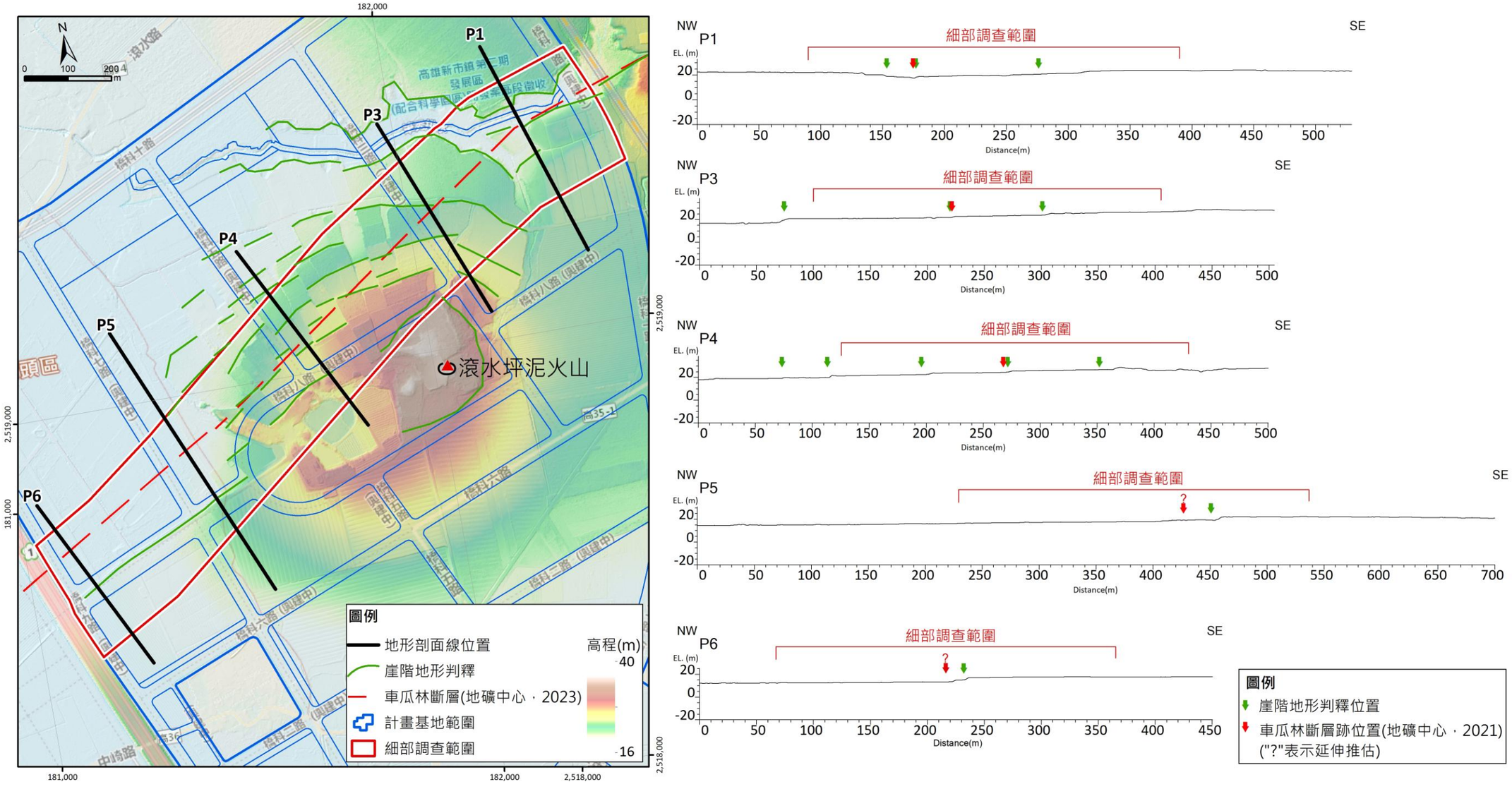
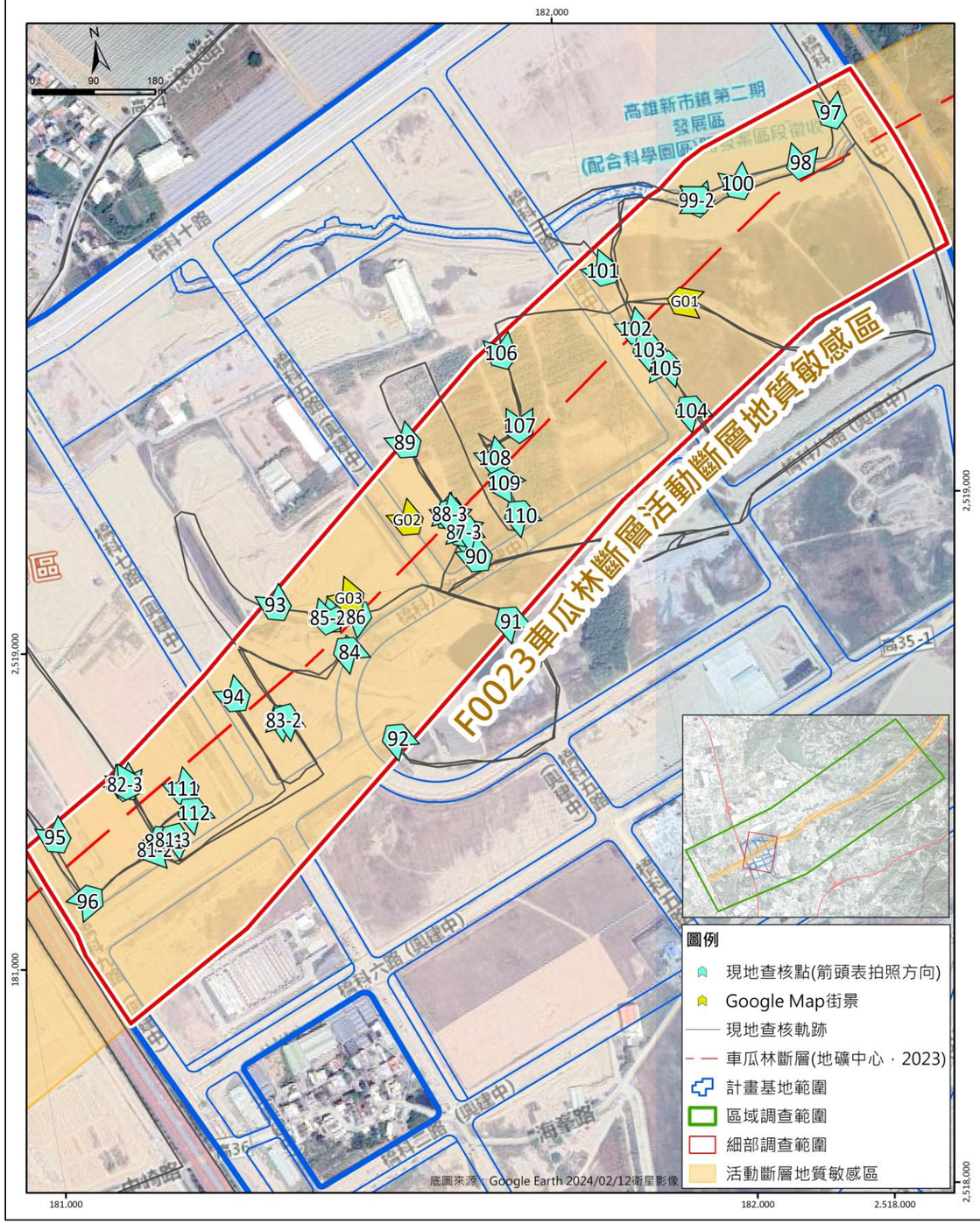


圖 3.1–3 細部調查範圍地形判釋成果圖

3.1.2現地地形查核

本計畫執行同時，基地內刻正辦理整地工程，故以前章節地形判釋結果作為查核目標，於細部調查範圍進行現地地形查核，確認整地工程對地形現況影響程度，並利用 Google Map 街景輔助查核，以了解地形特徵，現地查核成果如圖 3.1–4 及圖 3.1–5，現地查核記錄詳見附錄二。

依由現地查核結果，細部調查範圍全區已執行整地工程，僅西側既有道路及少部分植生覆蓋土地仍保留原始樣貌，其餘區域大多有高挖低填作業，惟由既有道路狀況及 Google 街景可見，此區域原始地形應除靠近中央地質公園周邊的地勢較高，局部略可見小型地形崖外，大部分區域均為平坦地形，無連續線形的地勢起伏。





點 97：為新開施工道路，由北往南直行與車瓜林斷層正交，現況地形平坦貌，附近鐵塔無歪斜或損壞。



點 G01：為 Google 街景(2022.06)，代表整地前的原始地形，道路略與車瓜林斷層正交，可見路面平坦無起伏，右手邊有一支電線桿歪斜。



點 102：為新開施工道路，由北往南直行與車瓜林斷層略正交，現況周邊由植生覆蓋，整地後地形平坦，已無法觀察地形特徵樣貌。



點 104：此處為敏感區邊界，與點 102 為同一條施工道路，現況此處周邊亦由植生覆蓋，整地後地形平坦，已無法觀察地形特徵樣貌。

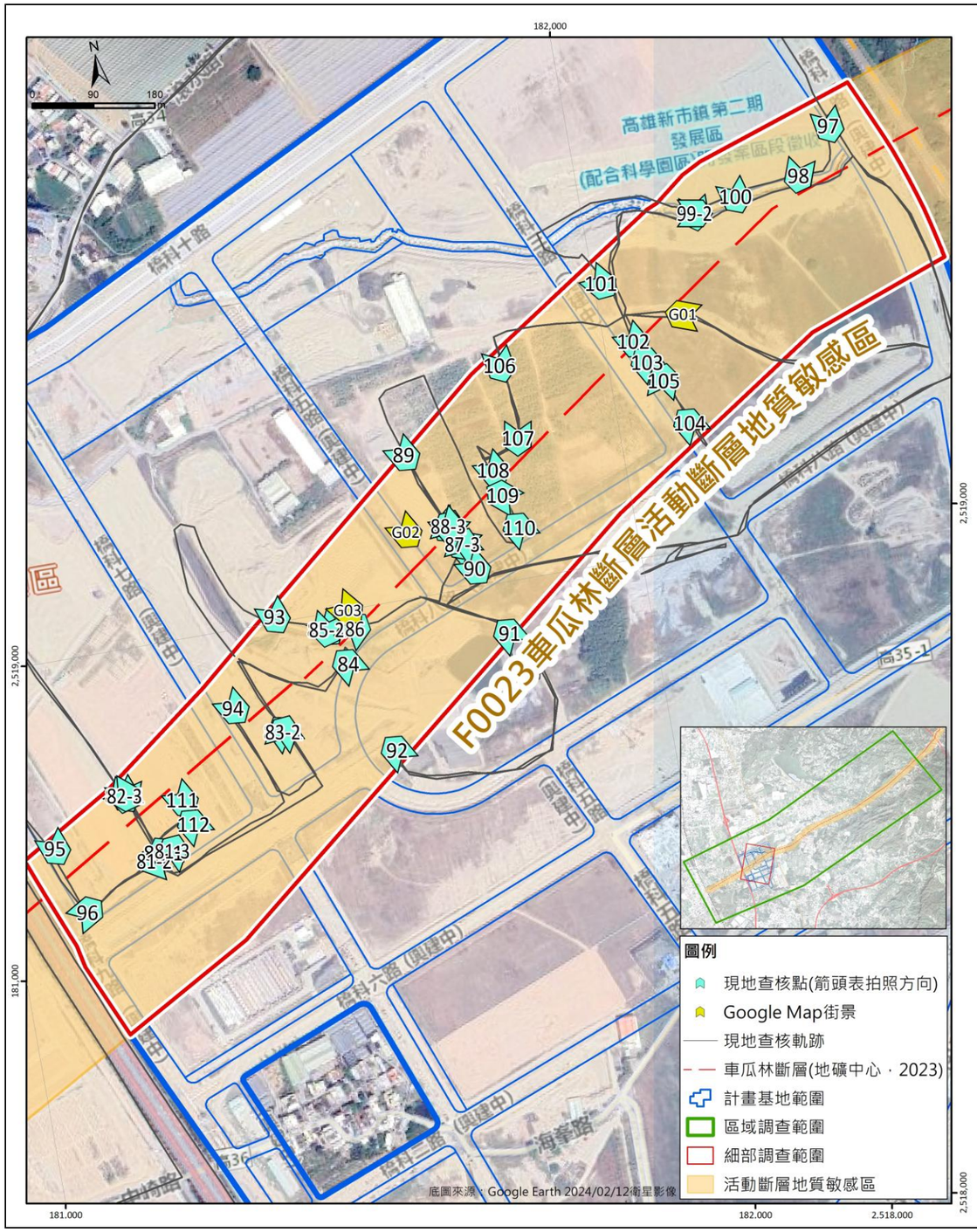


點 88-3：為新開施工道路，由北往南直行與車瓜林斷層略正交，現況往南地勢略緩升至中央地質公園。



點 91：為新開施工道路，位於中央地質公園內，地勢比北側植生覆蓋區域略高，交界處高差不足 1 公尺，向北漸低。

圖 3.1–4 細部調查現地查核成果圖 1/2





點 G02：為 Google 街景(2022.06)，代表整地前的原始地形，道路略與車瓜林斷層正交，可見路面平坦無起伏或破損，兩側植生覆蓋。



點 G03：為 Google 街景(2022.06)，代表整地前的原始地形，道路略與車瓜林斷層正交，可見路面平坦無起伏或破損，路旁電線桿尚完好。



點 84：車瓜林斷層大致由施工圍籬處通過，現況正在進行整地挖掘，已無法觀察地形特徵樣貌。



點 92：位於中央地質公園內，現況植生覆蓋，與北側廢棄物暫置堆之間有一地形崖，高差為公尺等級。



點 81-1：為既有道路，現況路面平坦無破損，兩側已經整地，無法觀察地形特徵樣貌。



點 96：由西側向車瓜林斷層延伸位置觀察，現況已經整地，無法觀察地形特徵樣貌。

圖 3.1–5 細部調查現地查核成果圖 2/2

3.1.3地表形變分析

由於地形調查部分受限於基地地形現況已非原始樣貌，本計畫另利用遙測影像合成孔徑干涉雷達(Interferometric Synthetic Aperture Radar, InSAR)地表變形監測技術，及大地測量監測(本計畫新設 9 站監測站)兩方式，來獲取基地地表變形特徵，工作成果說明如後。

1. InSAR 地表形變分析

合成孔徑雷達為遙感探測主動式感測器，衛星上的雷達訊號從感測器發出後紀錄回波訊號以獲取地表資訊，由於 SAR 影像的波長較一般光學影像長，訊號可以穿透雲層，不受天氣條件太陽日照影響等限制，因此日夜都可進行觀測。

本計畫採用 C-波段衛星 Sentinel-1 的 SAR 影像進行分析，Sentinel-1 影像規格參數詳表 3.1–1 由於基地區域並非主要都會區，本計畫採用屬於新世代之均質分布式散射體解算法(Homogeneous Distributed Scatterer；簡稱 HDS)的 ATS-InSAR(Adaptive time-series Interferometric SAR) (藍振維等，2021)，並在 ATS-InSAR 後半分析流程引入分布散射體(Distrubuted Scatterer, DS)，以彌補於非城市地區無強而穩定散射點，導致觀測點數不足之限制。

本工作分為兩部分，其一為使用 2017-2021 年及 2021-2024 年之歷史 Sentinel-1 影像進行 InSAR 分析，評估細部調查範圍內之歷史地表變形情形；其二為在基地範圍及細部調查範圍內布設 5 點一線正交斷層走向之雙軌人工角反射器測線，累積足夠分析之雷達影像數量後(至少 25 幅)，獲取角反射器安裝後一年之周緣地表形變資訊，評估跨斷層區域之近期地表變形情形，角反射器實測座標位置詳表 3.1–2，布設位置分布詳圖 3.1–6，工作成果說明如後，詳細工作成果詳見附錄三。

表 3.1–1 本計畫採用之 Sentinel-1 影像規格參數表

規格參數	Senitnel-1 A
偏極化	VV、VH
重返週期	12 天
拍攝模式	IW(Interferometric Wide Swath Mode)模式
波長	5.6 公分(C-Band)
空間解析度	5x20 公尺
像幅寬度	250 公里
影像格式	SLC
軌道方向	升軌/降軌

表 3.1–2 本計畫新布設角反射器及大地監測站座標一覽表

編號		TWD97 二度分帶	
大地監測	角反射器	E	N
QT1A	1	181930.177	2519520.303
QT2A	2	181993.283	2519397.714
QT3A	3	182038.628	2519290.914
QT4A	4	182088.001	2519185.766
QT5A	5	182142.327	2519070.911
QT6A	-	181156.202	2518855.822
QT7A	-	181210.781	2518730.491
QT8A	-	181281.533	2518540.474
QT9A	-	181315.898	2518461.637

*註：QT1A~QT5A 與角反射器 1~5 共站。

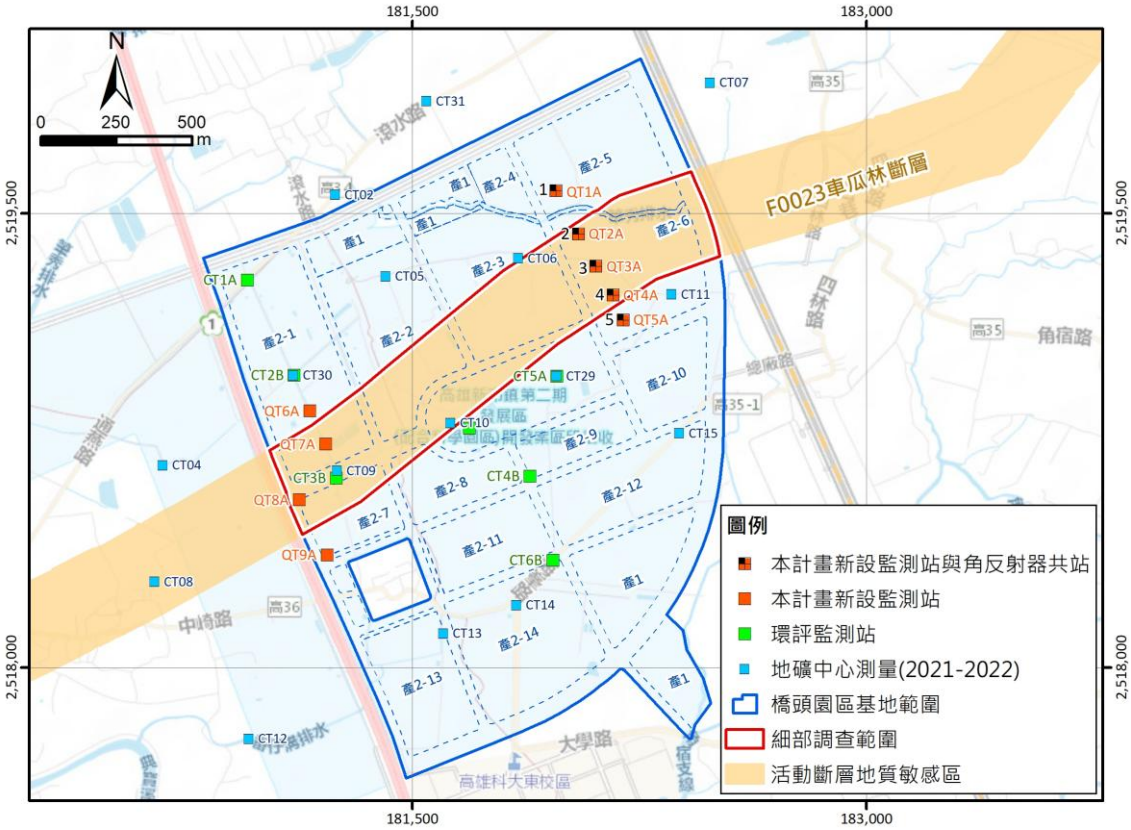


圖 3.1–6 基地區域角反射器及大地測量點位置

(1) 歷史影像分析

由於基地內約從 2021 年開始即有整地行為，地表變形狀況需分開分析討論，故本計畫將歷史影像分析之年份區域分為 2017-2021 年及 2021 年-2024 年，分析結果說明如下：

A. 2017-2021 年

此期間已蒐集且可分析之 Sentinel-1 影像包括升軌影像共計 146 幅及降軌影像共計 139 幅，本計畫萃取兩軌成果中重疊的 InSAR 點位，並採用水平-垂直耦合拆解法，將地表形變量拆解成東西及垂直向分量，成果如圖 3.1–7 及圖 3.1–8。由圖 3.1–7 顯示，在水平向方面，基地北側地表屬穩定，南側則呈現相對北側約略有每年 1 至 1.5 公分之向西變形量；圖 3.1–8 則顯示，在垂直向方面，呈現計畫區域內大致屬於穩定，僅有靠近國道一號之位置呈現些許沉陷點位分佈，速度變化約為-3 至-5mm/yr，其餘地區垂直分量則無明顯區分。選取與斷層近乎正交之三條跨基地剖面(圖 3.1–9)顯示，水平方向方面，在車瓜林斷層

區域，三條剖面在細部調查範圍內皆有一段明顯的速度變化帶，在 A 及 B 剖面上，速度變化帶大致位於敏感區內，且較敏感區範圍窄，而在 C 剖面上則僅與地質敏感區南側部分重疊，且寬度較敏感區範圍寬，由於速度變化帶南側速度大致均較北側速度快，造成南側與北側間有相對右移的情況，推估應為車瓜林斷層近期活動特性；而在垂直方向方面，基地區域無明顯差異，整體顯示車瓜林斷層近五年可能以向西橫移活動為主。

B. 2021-2024 年期間

此期間已蒐集且可分析之 Sentinel-1 升軌影像共 84 幅，經過萃取 InSAR 點及水平-垂直耦合拆解法分析後之成果如圖 3.1–10 及圖 3.1–11。由圖 3.1–10 顯示，在水平向方面，基地北側地表屬穩定，南側則呈現相對北側約 2-2.2cm/yr 之向西變形量，相比前五年結果，約增加 1cm/yr；圖 3.1–11 則顯示，在垂直向方面，與前五年分析結果相似，速度約-6mm/yr。選取與斷層近乎正交之四條跨基地剖面(圖 3.1–12)及本計畫設置角反射器之剖面(圖 3.1–13)顯示，各條剖面在水平與垂直方向之速度變化趨勢，及速度變化帶範圍與位置，皆與前五年分析結果相當。

綜合 2017~2021 年及 2021~2024 年成果顯示，車瓜林斷層至少從 2017 年至今的活動情況均以相對右移的潛移活動為主，南側較北側位移速度快約 1~2cm/yr，而速度相對北側開始變快的位置即為斷層尖端潛移開始變形位置，速度變化帶則代表潛移活動可能造成之影響範圍，而將各剖面速度變化帶投影至地表，其位置與公告車瓜林斷層活動斷層地質敏感區部分重疊，東側較敏感區寬且偏南側，到了西側則較敏感區窄且偏中央處(圖 3.1–14)。

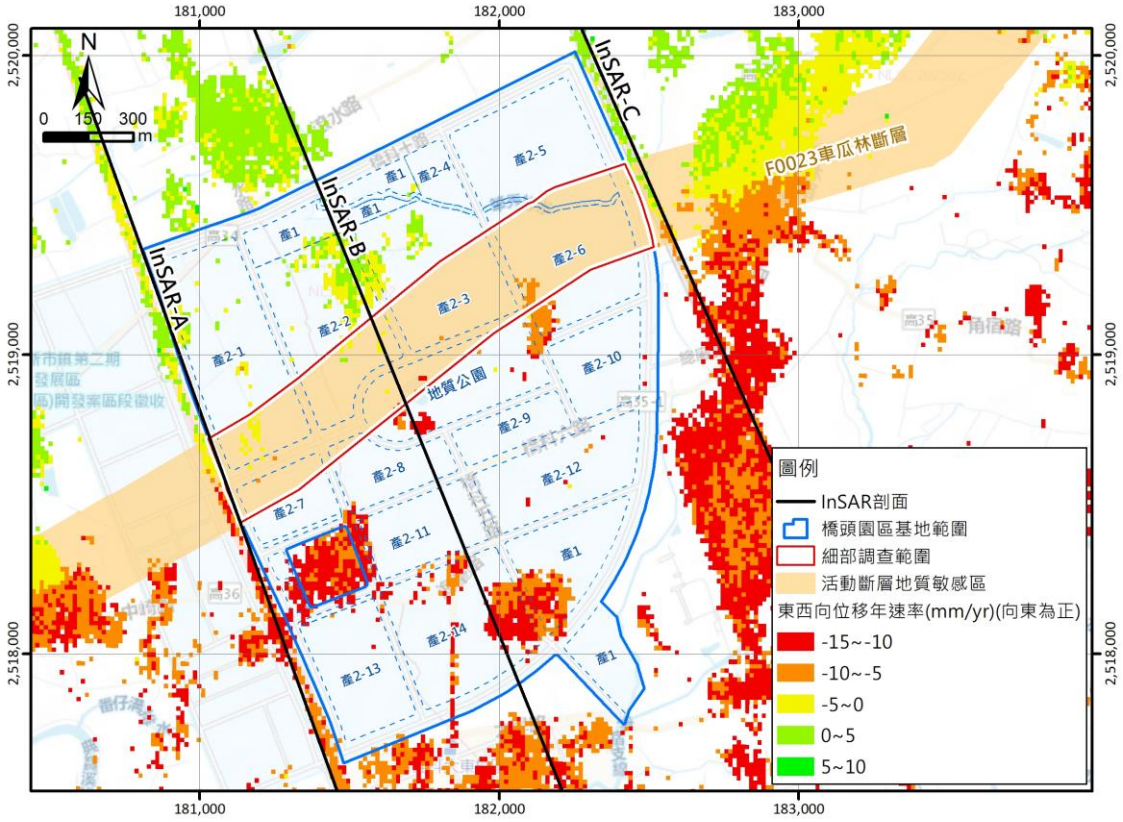


圖 3.1–7 基地區域 2017-2021 年 InSAR 分析東西向拆解成果圖

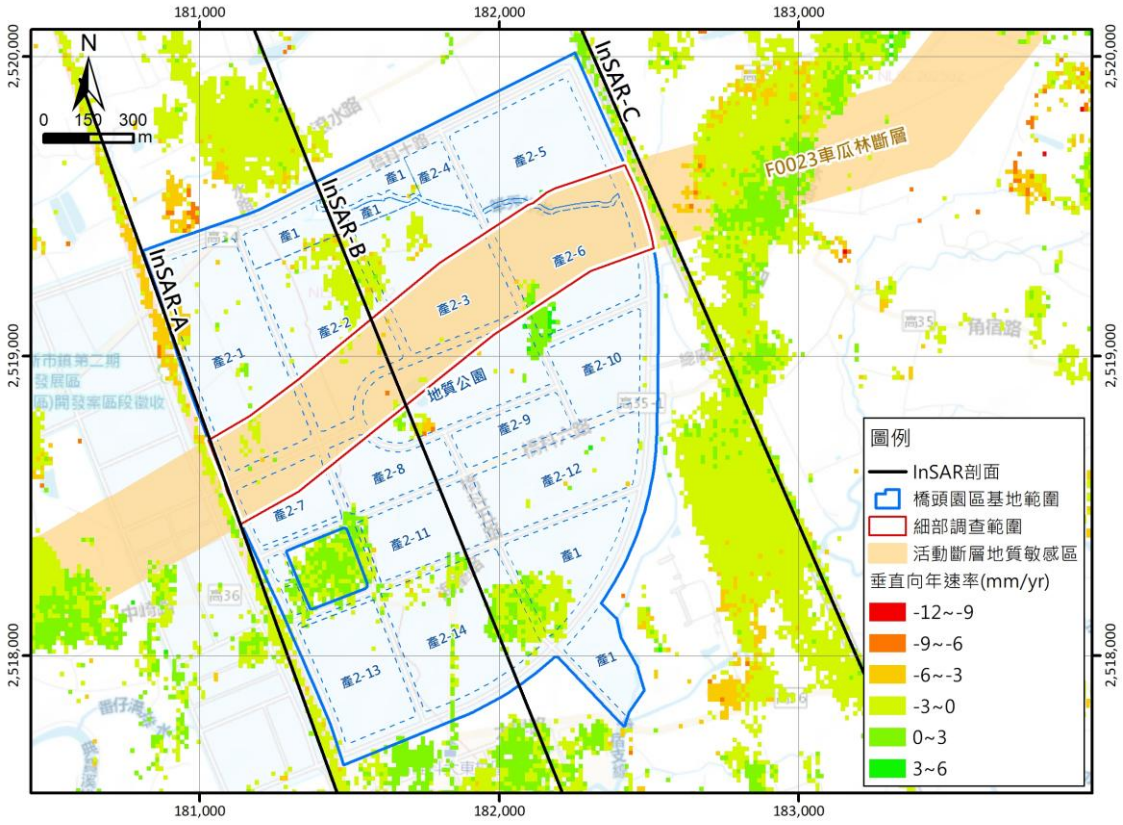


圖 3.1–8 基地區域 2017-2021 年 InSAR 分析垂直向拆解成果圖

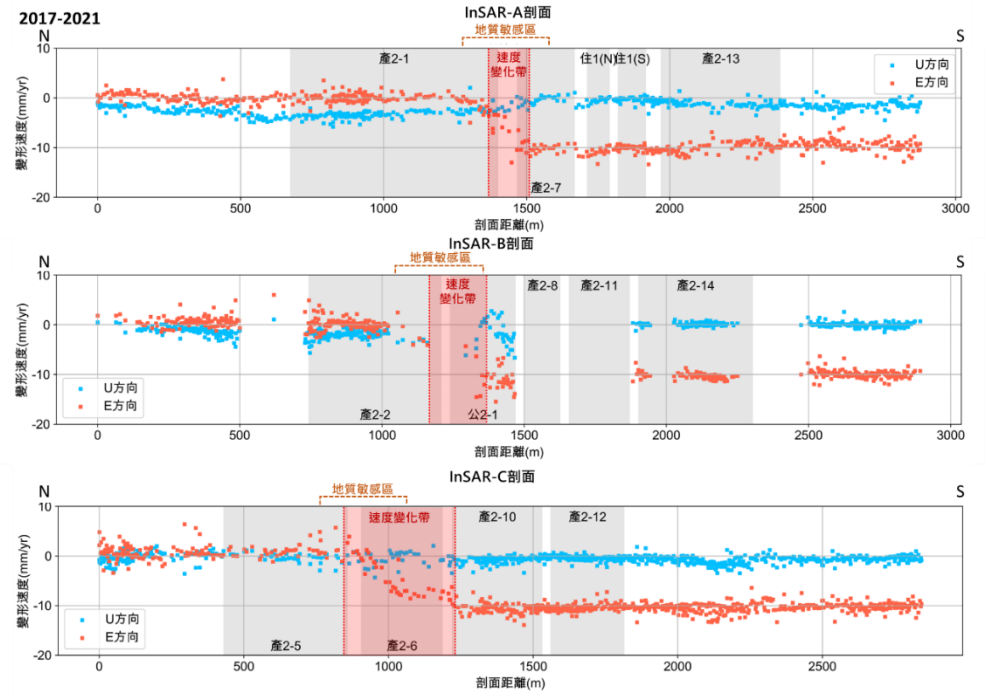


圖 3.1–9 基地區域 2017-2021 年之 InSAR 變形速度剖面圖

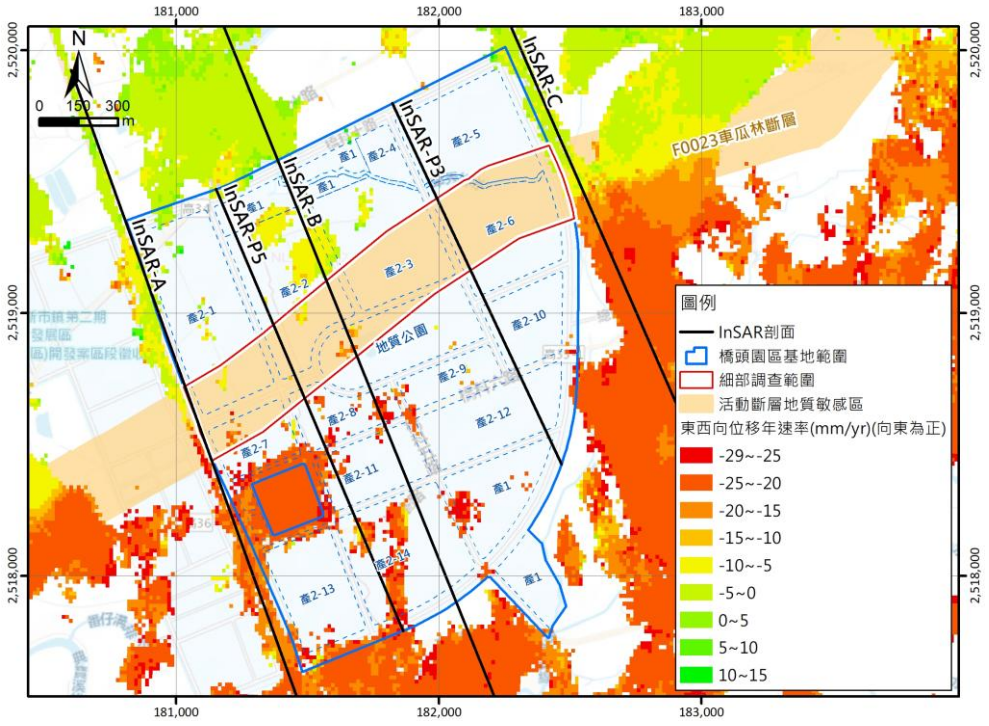


圖 3.1–10 基地區域 2021 年 12 月-2024 年 InSAR 分析東西向拆解成果圖

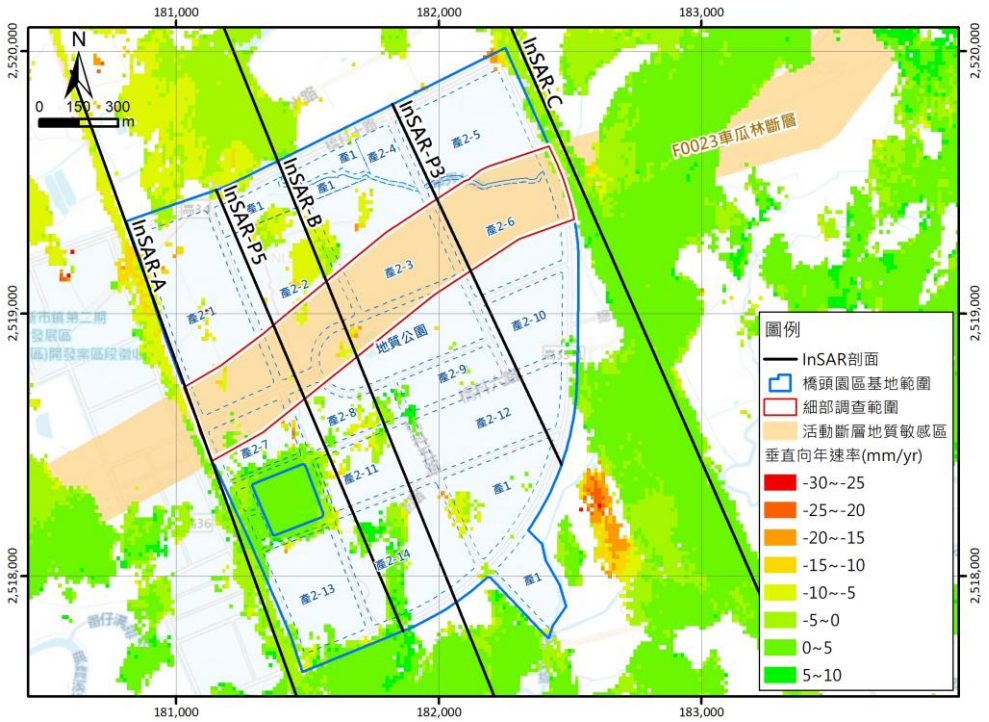


圖 3.1–11 基地區域 2021 年 12 月-2024 年 InSAR 分析垂直向拆解成果圖

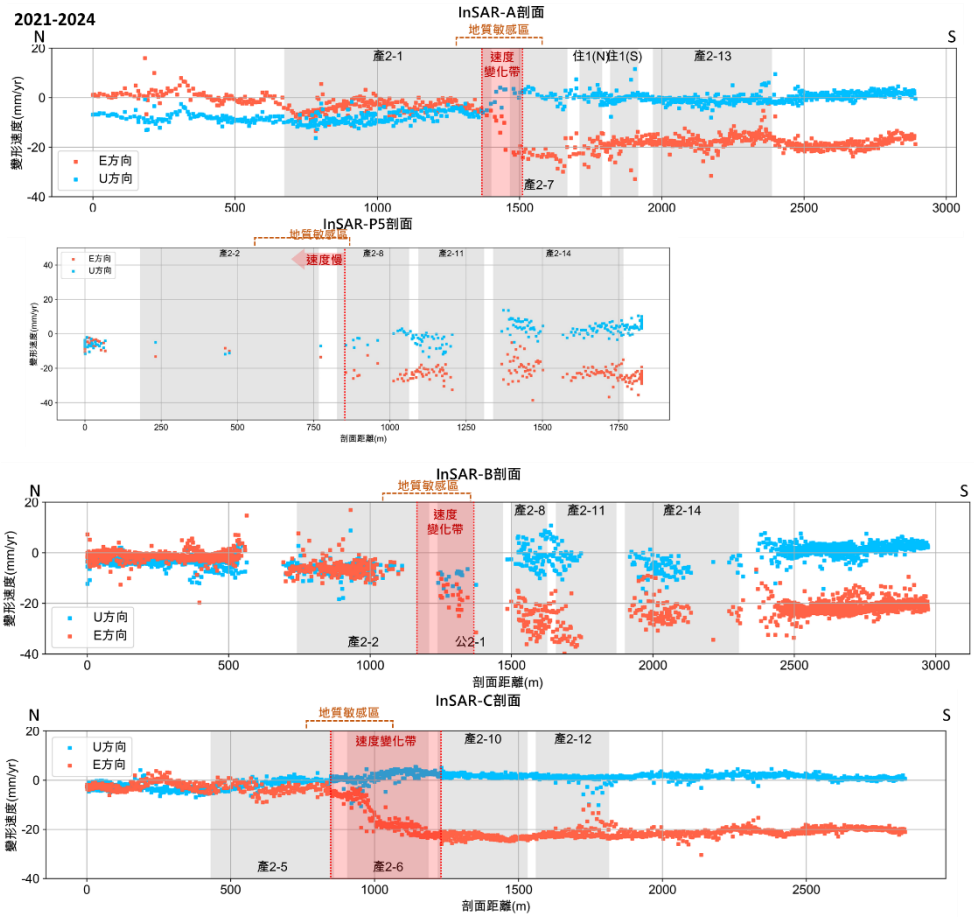


圖 3.1–12 基地區域 2021 年 12 月-2024 年之 InSAR 變形速度剖面圖

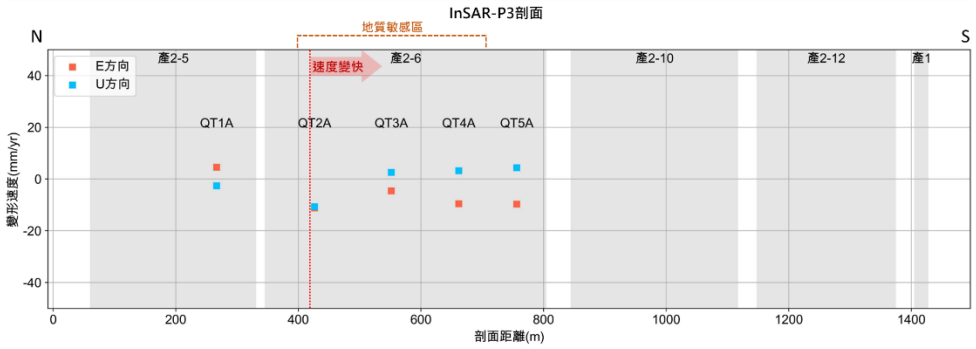


圖 3.1–13 本計畫設置角反射器 2024 年之 InSAR 變形速度剖面圖

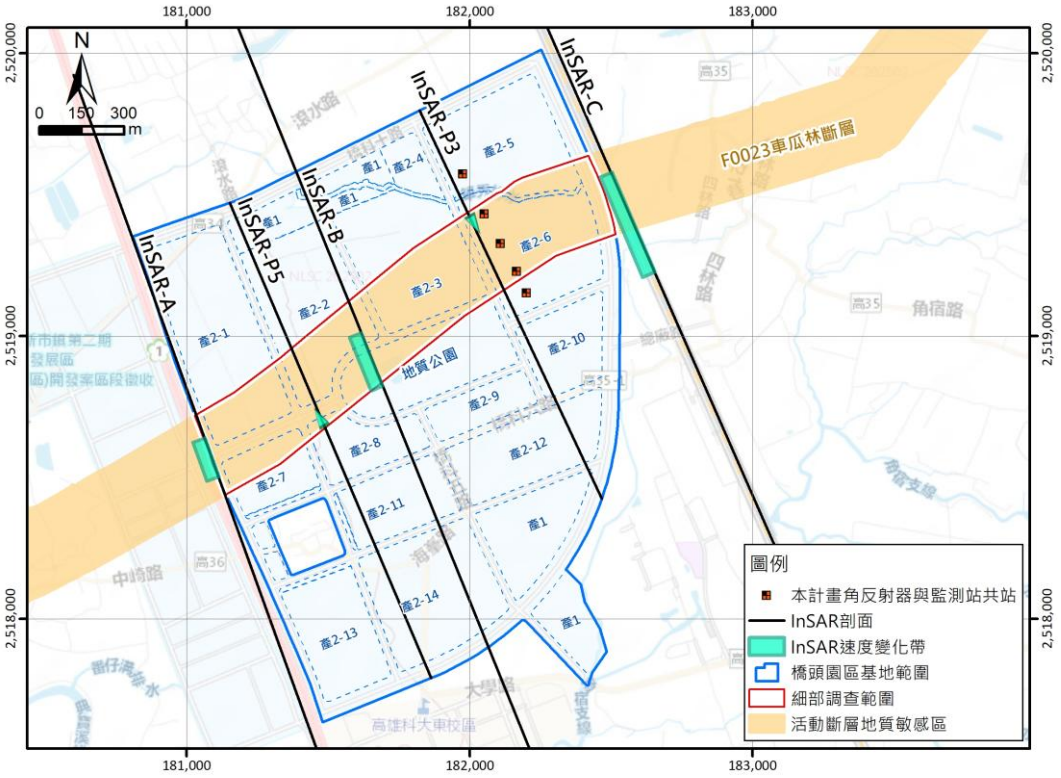


圖 3.1–14InSAR 剖面速度變化帶投影至地表位置圖

2. 大地測量監測

由於橋頭園區刻正辦理 GNSS 及精密水準點測量之環評監測工作，測點已有 6 站，本計畫為擴大使用其監測成果，即在基地範圍及細部調查範圍內，配合原有的 6 站位置，新布設共計 9 站測點，比照辦理採用 GNSS 及精密水準點測量兩種方式進行大地測量監測，測量頻率為每季一次(每年 2、5、8、11 月進行)，形成跨越活動斷層地質敏感區的監測網，測站座標及位置詳圖 3.1–6 及表 3.1–2，至本報告為止，環評監測工作已完成十季測量，監測區間為民國 111 年 11 月至 114 年 2 月，而

本計畫則完成六季測量，監測區間為民國 112 年 12 月至 114 年 2 月(工作成詳見附錄四)。其中 GNSS 測量資料為衛星定位資料，以內政部大地基準站 KMNM（點名：金門）TWD97 為起算點，在平面座標擁有較高的精確度；水準點測量則採用人工於地面進行導線測量，以內政部一等水準點 1176（點名：橋頭國小，公告高程 8.21662m）為基準之 CT1A（基地內環評點位）起算，在高程數據上擁有較高的精確度。

依既有及本計畫大地測量資料顯示，在水平向方面，基地全區均大致朝西位移的趨勢，惟基地南側與北側之位移速度有差異，北側速度約為 6cm/yr，南側速度則較北策略快，約為 7~8cm/yr，由東側與西側跨地質敏感區呈線性排列的各站數值差異可見，速度有明顯變快約在 QT2A 至 QT3A 及 QT7A 至 CT3B 區域(圖 3.1–15)，若將此區北側視為穩定不動，則南側相對北側有約 1-2cm/yr 向西位移的速度差異，而這樣的速度差異在地礦中心(2021~2022)活動斷層帶地表變形大地測量報告中亦有相似的結果(圖 3.1–16)；在垂直向方面，北側高程位移速度約 -5~+4mm/yr，南側速度則約-7~+9mm/yr，兩側差值僅為 mm 等級，且無區域一致性的抬升或沉陷(圖 3.1–17)。

綜合對比 InSAR 影像分析及大地測量監測結果(圖 3.1–18)，InSAR 的速度變化帶大致與大地測量監測速度明顯有開始變快的區域重疊，而南側較北側移動速度快約 1-2cm/yr 的速度差異則造成兩側有相對右移的情況，且在垂直方向上，兩側的位移速度差異極小，故推估斷層以右移性質為主，而該速度變化帶區域則為斷層潛移變形影響區域。

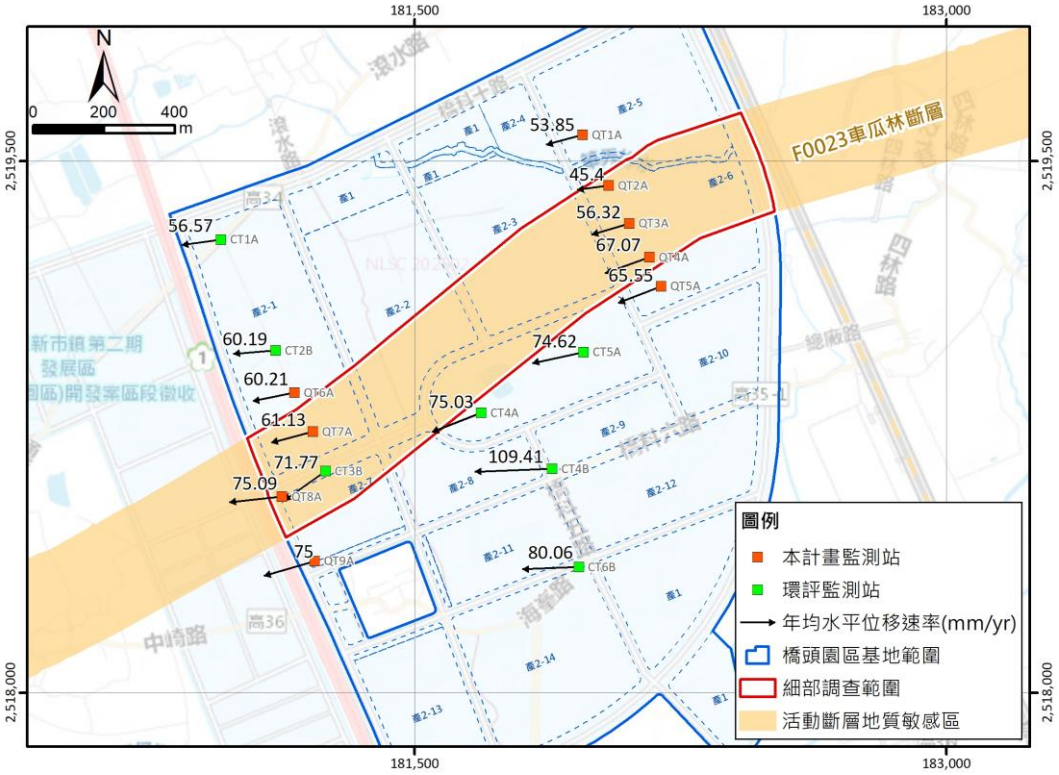


圖 3.1–15 本計畫與環評案大地監測水平向位移速度綜合成果圖

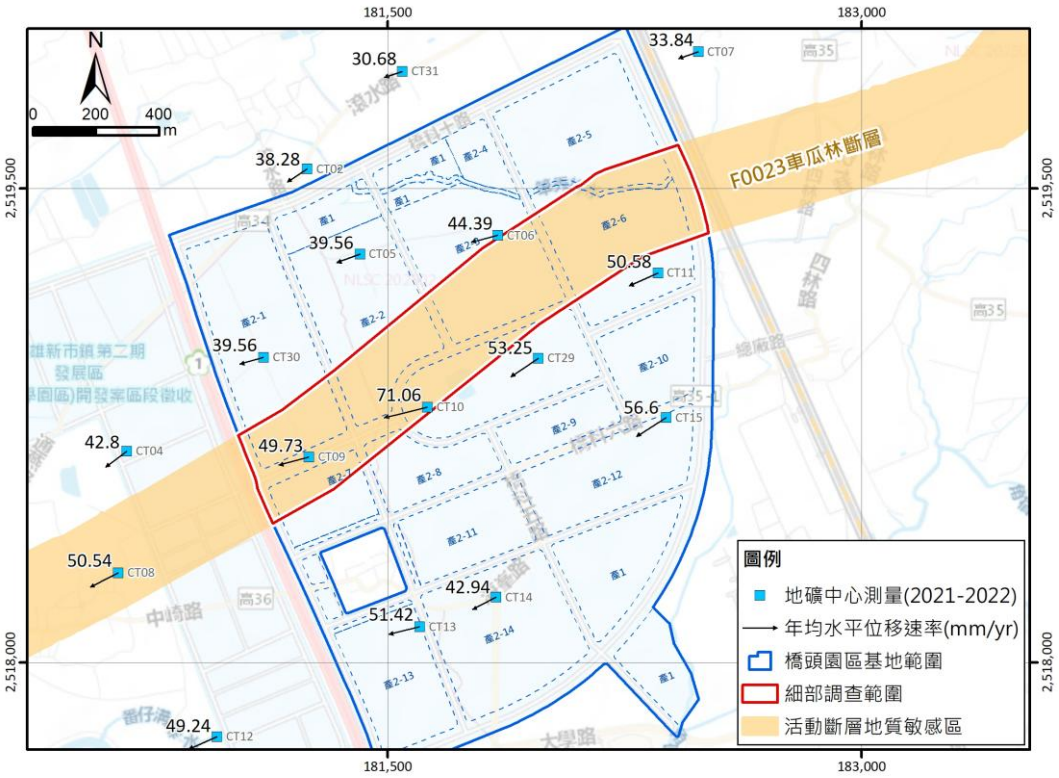


圖 3.1–16 基地區域地礦中心大地監測水平向位移速度綜合成果圖

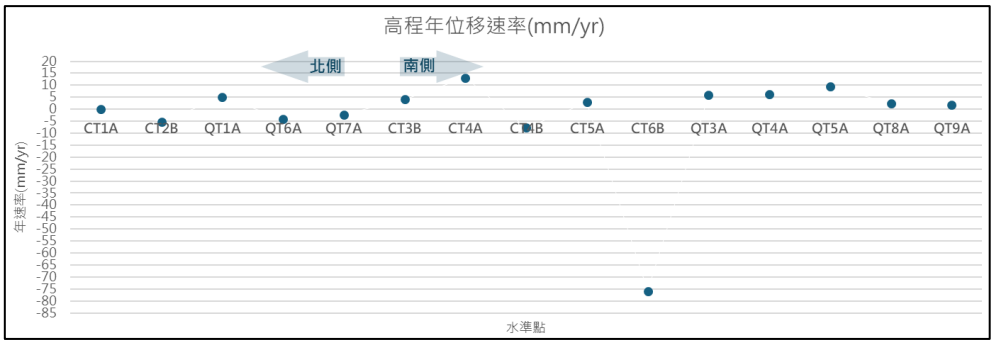


圖 3.1–17 本計畫與環評案大地監測垂直向位移速度綜合成果圖



圖 3.1–18 綜合 InSAR 速度變化帶及大地監測速度變化區域圖

3.2 露頭調查

3.2.1地層描述

由於本計畫細部調查範圍位於平原區，地勢平坦，且區域內刻正辦理整地工程，地表已覆蓋人工回填土，施工方面亦多為高壓電纜及排水工程開挖，屬於淺層開挖，故現地並無岩盤露頭分布，參考區域調查之地層資料(圖 2.2–1)，研判基地範圍之岩盤應被沖積層及臺地堆積層覆蓋。另依據 3.3 節地下地質探查成果，細部調查範圍內之地層大致由淺至深分別為土壤層(Soil)、中砂層(S)、砂泥互層(S/M)、泥層(M)、生物碎屑砂層(BS)、砂岩夾泥質砂岩及泥岩(R1)及泥岩夾砂岩及礫岩(R2)等，詳細地層分布及描述詳見 3.3.2 節。

3.2.2活動斷層與地表破裂位置分布

經本計畫現地查核(查核成果詳見 3.1.2 節)結果，並未發現斷層露頭出露，而細部調查範圍內地勢平坦，且經過人為整地，地表建物均已被移除，亦無明顯之地形特徵可供研判斷層通過之確切位置。依富國工程(2015)及南科局(2021)的調查，基地現場部分地表建物有破損或歪斜的情況，推估可能與斷層潛移活動有關，顯示車瓜林斷層應屬於潛移性質斷層，目前無瞬移造成地表破裂的確切紀錄，故斷層跡於基地區域難以單純用地表地形或露頭來追蹤，仍須倚靠地下地質探查及大地測量等方法確認斷層位置，有關地下地質探查內容與成果詳見 3.3.2 節。

3.3 地下地質調查

由於前期調查顯示調查範圍之地下沖積層厚達數十公尺(斷層上盤)；而沖積層以下之岩盤，以泥岩為主，岩層內之剪切構造或泥層貫入發達，兩者分別不利於探溝探查與反射震測探查，且活動斷層調查主要探討近期斷層活動特性，故本工項規劃以地電阻影像剖面探測與地質鑽探探查進行調查，調查配置規劃係依區域及細部調查之地形判釋、地表地質調查及大地測量等成果，並參考地礦中心活動斷層分布圖(2021)、南部科學園區橋頭園區開發計畫環境影響評估報告書(2021)及地質敏感區劃定計畫書-F0023 車瓜林活動斷層(2023)等報告。

3.3.1地電阻影像剖面探測

地層的電阻率與地層組成礦物、顆粒度大小、組織以及地層之含水量與鹽度有關，地層顆粒愈細、含水量愈多或水的鹽度愈高，電阻率愈低；反之則愈高。因此可用地層的電阻率來研判地層的岩性、含水量及含鹽度，或探測地層內的異常構造，一般電阻率與不同地層材料間的對應關係詳見圖 3.3-1。

既有資料顯示車瓜林斷層西南端在燕巢區崎溜以南進入平原區，以走向北偏東 35°延伸至橋頭區附近，而本基地範圍則位於車瓜林斷層南端之末端，位於活動斷層地質敏感區劃定計畫書岡山圖幅內。為進一步釐清基地範圍與地質敏感區之相互關係，本計畫依公告之車瓜林斷層活動斷層地質敏感區之範圍，並依契約之地電阻剖面探查預定施作數量 3,200 公尺，基於地電阻探查限制，其探查剖面為倒梯形形貌，實際探查深度往往小於測線長度三分之一，並配合地質敏感區範圍、現地現況限制、既有測線分布、預定鑽探深度及釐清淺層地下構造型態並作為地質鑽孔配置參考等因素，規劃於基地範圍內由東至西依序布設 4 條長度 800 公尺，各測線與斷層跡方向大致正交且超過地質敏感區範圍，測線位置與資料如表 3.3-1 及圖 3.3-2 所示，成果詳述如下：

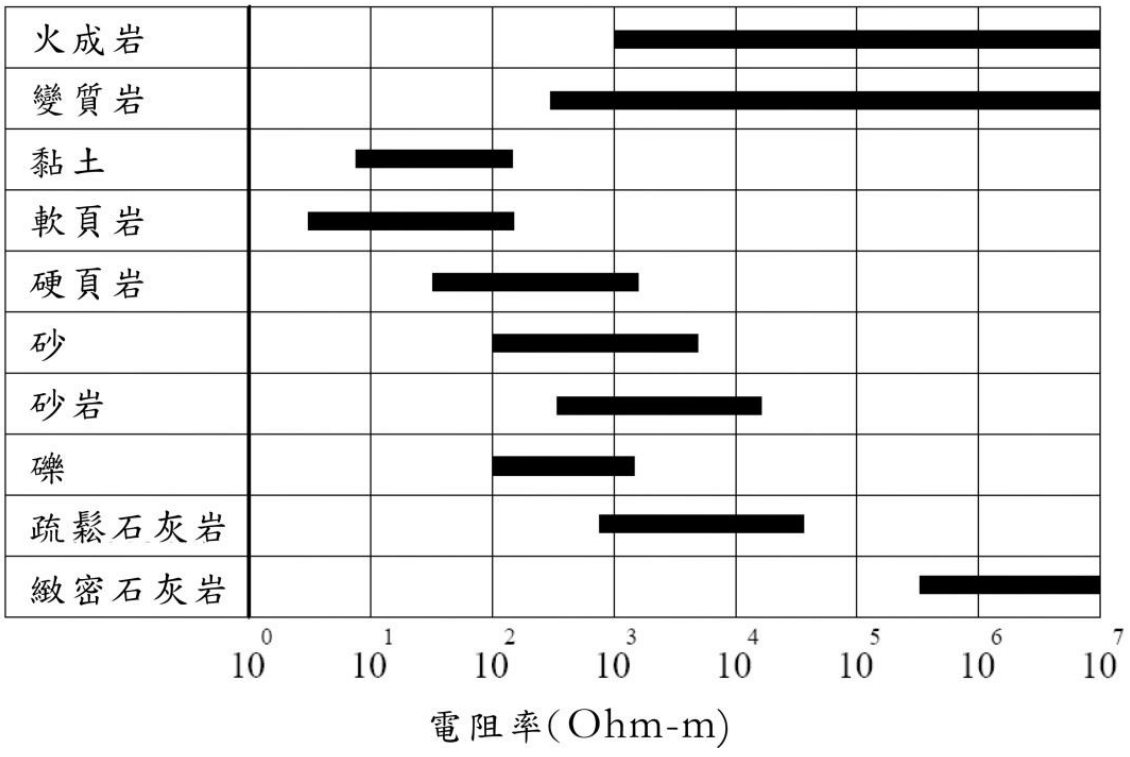


圖 3.3-1 電阻率與對應岩性關係圖

表 3.3-1 地電阻影像剖面探測測線資料表

測線編號	測線長度(公尺)	電極棒間距(公尺)	探查目標	對應鑽探剖面	測線坐標(TWD97 二度分帶)		
					位置	X	Y
RIP-1	800	5	車瓜林斷層	P1	起點	182200.78	2519774.19
					終點	182443.73	2519009.91
RIP-2	800	5	車瓜林斷層	P3	起點	181962.52	2519540.05
					終點	182253.18	2518790.73
RIP-3	800	5	車瓜林斷層	P4	起點	181603.86	2519362.38
					終點	181956.26	2518644.77
RIP-4	800	5	車瓜林斷層	P6	起點	180959.53	2519125.55
					終點	181220.02	2518366.81

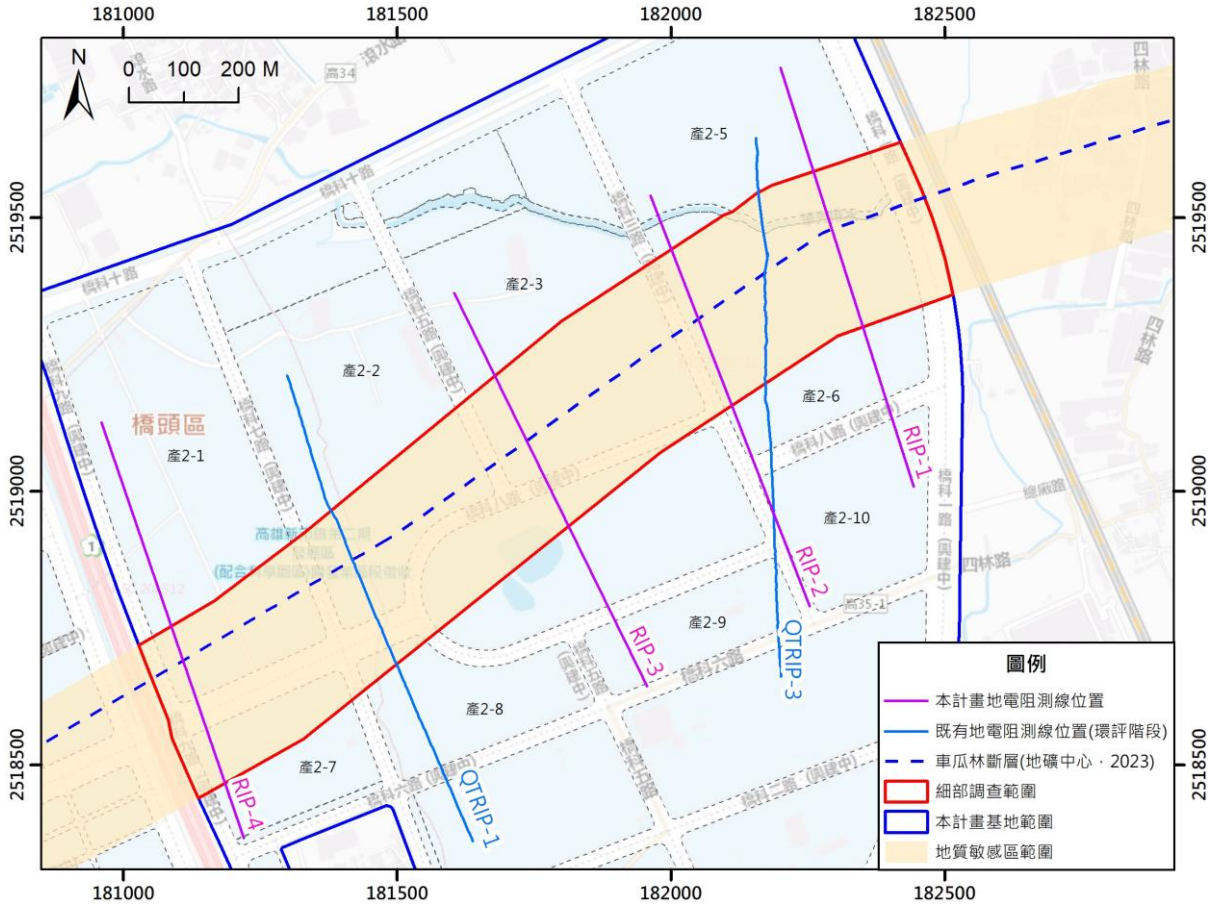


圖 3.3-2 地電阻影像剖面探測測線位置圖

1. 測線 RIP-1

本測線位於基地範圍東側，方向約為南偏東 17°，長度為 800 公尺，起點位於坵塊 2-5，通過坵塊 2-6 橫跨地質敏感區範圍後，終點位於坵塊 2-10。探測方式使用 Pole-Dipole Array，其可探測深度可達 180 公尺。

由測線之地電阻率差異成果顯示，由上往下可分出 A 層與 B 層共兩層，測線剖面之深度與電阻率分布，以及探測成果詳見圖 3.3-3 與表 3.3-2，簡述如下：

(1) A 層

分布在測線里程 0~800 公尺處，電阻率約為>10 Ohm-m，在測線里程 0~240 公尺間之分布深度約 0~55 公尺，里程 325~800 公尺間之分布深度約 0~20 公尺。

(2) B 層

分布在測線里程 0~800 公尺處，電阻率約為<10 Ohm-m，在測線里程 0~240 公尺間之分布深度約 55~180 公尺，里程 325~800 公尺間之分布深度約 20~180 公尺。

(3) 電性地層分布

由電性地層 A 層與 B 層之分布範圍與深度顯示，電性地層側向延伸性良好，惟在南北兩側厚度不一，其電性不連續位置對應至地表約在測線里程 240~325 公尺處。

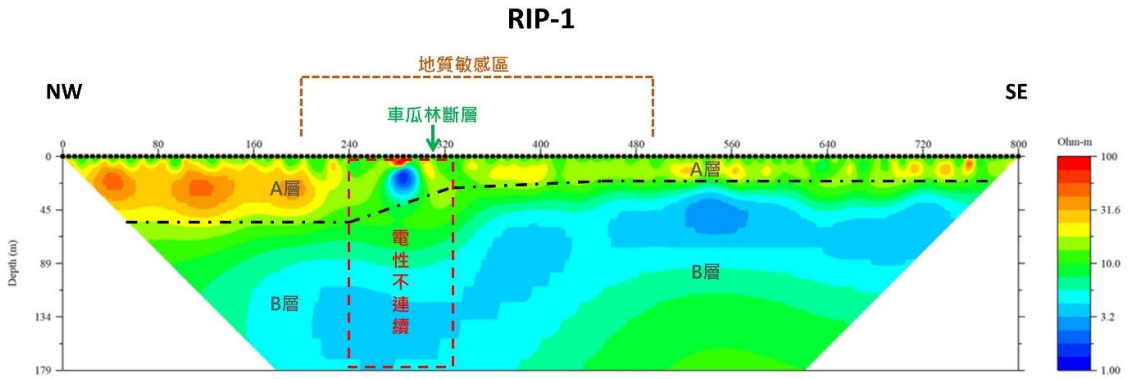


圖 3.3-3 地電阻測線 RIP-1 成果解釋圖

表 3.3-2 地電阻測線 RIP-1 之深度與電阻率分布簡表

分層	電阻率分布	測線里程(公尺)		
		0~240	240~325	325~800
A 層	分布深度(公尺)	0~55	電性不連續	0~20
	電阻率(Ohm-m)	>10		>10
B 層	分布深度(公尺)	55~180		20~180
	電阻率(Ohm-m)	<10		<10

2. 測線 RIP-2

本測線位於基地範圍東側，方向約為北偏西 21°，長度為 800 公尺，起點位於坵塊 2-5，通過坵塊 2-6 橫跨地質敏感區範圍後，終點位於坵塊 2-10。探測方式使用 Pole-Dipole Array，其可探測深度可達 180 公尺。

由測線之地電阻率差異成果顯示，由上往下可分出 A 層與 B 層共兩層，測線剖面之深度與電阻率分布，以及探測成果詳見圖 3.3-4 與表 3.3-3，簡述如下：

(1) A 層

分布在測線里程 0~800 公尺處，電阻率約為>10 Ohm-m，在測線里程 0~110 公尺間之分布深度約 0~75 公尺，里程 250~800 公尺間之分布深度約 0~35 公尺。

(2) B 層

分布在測線里程 0~800 公尺處，電阻率約為<10 Ohm-m，在測線里程 0~110 公尺間之分布深度約 75~180 公尺，里程 250~800 公尺間之分布深度約 35~180 公尺。

(3) 電性地層分布

由電性地層 A 層與 B 層之分布範圍與深度顯示，電性地層側向延伸性良好，惟在南北兩側厚度不一，其電性不連續位置對應至地表約在測線里程 110~250 公尺處。

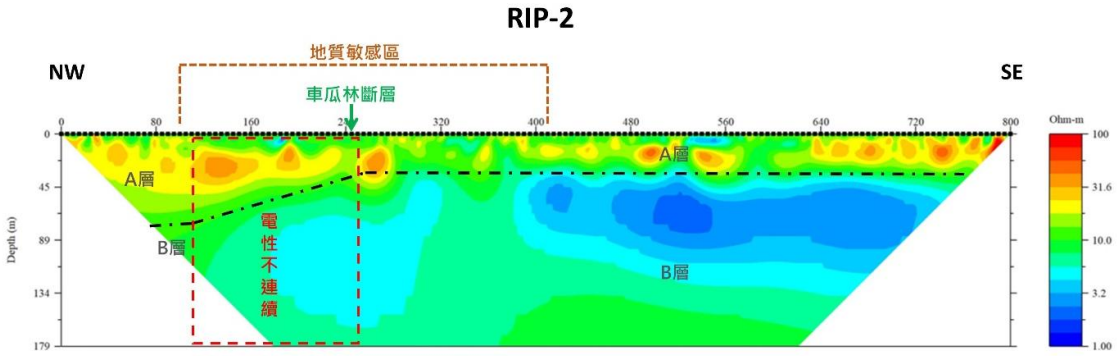


圖 3.3-4 地電阻測線 RIP-2 成果解釋圖

表 3.3-3 地電阻測線 RIP-2 之深度與電阻率分布簡表

分層	電阻率分布	測線里程(公尺)		
		0~110	110~250	250~800
A 層	分布深度(公尺)	0~75	電性不連續	0~35
	電阻率(Ohm-m)	>10		>10
B 層	分布深度(公尺)	75~180		35~180
	電阻率(Ohm-m)	<10		<10

3. 測線 RIP-3

本測線位於基地範圍中央，方向約為北偏西 26°，長度為 800 公尺，起點位於垵塊 2-3，通過基地中央之地質公園並橫跨地質敏感區範圍後，終點位於垵塊 2-9。探測方式使用 Pole-Dipole Array，其可探測深度可達 180 公尺。

由測線之地電阻率差異成果顯示，由上往下可分出 A 層與 B 層共兩層，測線剖面之深度與電阻率分布，以及探測成果詳見圖 3.3-5 與表 3.3-4，簡述如下：

(1) A 層

分布在測線里程 0~505 公尺、520~560 公尺與 570~800 公尺處，電阻率約為>10 Ohm-m，在測線里程 0~220 公尺間之分布深度約 0~80 公尺，里程 310~800 公尺間除局部區間外，多數分布

深度約 0~40 公尺。

(2) B 層

分布在測線里程 0~800 公尺處，電阻率約為<10 Ohm-m，本層在此剖面上的分布特性有兩種形貌，其一為大致水平均布形貌，在測線里程 0~220 公尺間之分布深度約 80~180 公尺，里程 310~505、520~560 及 570~800 公尺間之分布深度約 40~180 公尺；其二為垂直往地表突出形貌，分布在測線里程 505~520 公尺與 560~570 公尺處，分布深度約 0~180 公尺。

(3) 電性地層分布

由電性地層 A 層與 B 層之分布範圍與深度顯示，電性地層側向延伸性良好，惟在南北兩側厚度不一，其電性不連續位置對應至地表約在測線里程 220~310 公尺處。另一方面，電性地層 B 層垂直向凸出地表的部分則以較低之電阻率穿插於 A 層之間，側向連續性較差。

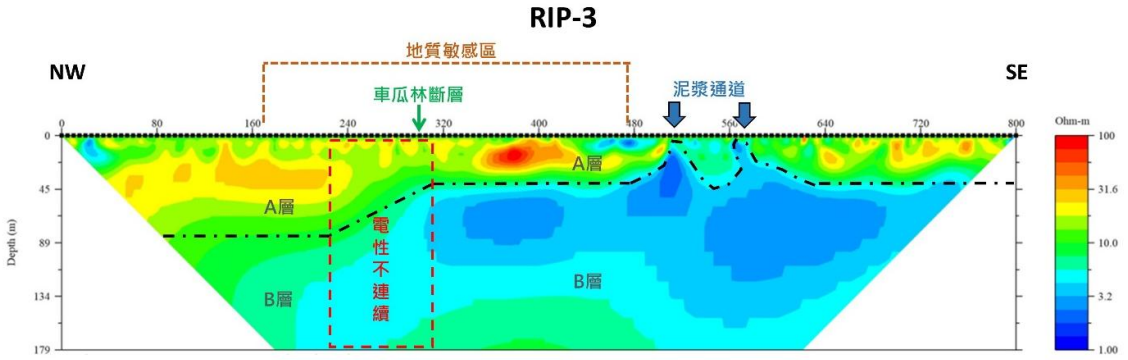


圖 3.3-5 地電阻測線 RIP-3 成果解釋圖

表 3.3-4 地電阻測線 RIP-3 之深度與電阻率分布簡表

分層	電阻率分布	測線里程(公尺)						
		0~220	220~310	310~505	505~520	520~560	560~570	570~800
A層	分布深度(公尺)	0~80	電性不連續	0~40	-	0~40	-	0~40
	電阻率(Ohm-m)	>10		>10	-	>10	-	>10
B	分布深度	80~180		40~180	0~180	45~180	0~180	45~180

分層	電阻率分布	測線里程(公尺)						
		0~220	220~310	310~505	505~520	520~560	560~570	570~800
層	(公尺)							
	電阻率(Ohm-m)	<10		<10	<10	<10	<10	<10

4. 測線 RIP-4

本測線位於基地範圍西側，方向約為北偏西 19°，長度為 800 公尺，起點位於坵塊 2-1，橫跨地質敏感區範圍後，終點位於坵塊 2-7。探測方式使用 Pole-Dipole Array，其可探測深度可達 180 公尺。

由測線之地電阻率差異成果顯示，由上往下可分出 A 層與 B 層共兩層，測線剖面之深度與電阻率分布，以及探測成果詳見圖 3.3-6 與表 3.3-5，簡述如下：

(1) A 層

分布在測線里程 0~800 公尺處，電阻率約為>10 Ohm-m，在測線里程 0~385 公尺間之分布深度約 0~50 公尺，里程 525~800 公尺間之分布深度約 0~50 公尺。

(2) B 層

分布在測線里程 0~800 公尺處，電阻率約為<10 Ohm-m，在測線里程 0~385 公尺間之分布深度約 50~180 公尺，里程 525~800 公尺間之分布深度約 25~180 公尺。

(3) 電性地層分布

由電性地層 A 層與 B 層之分布範圍與深度顯示，電性地層側向延伸性良好，惟在南北兩側厚度不一，其電性不連續位置對應至地表約在測線里程 385~525 公尺處。

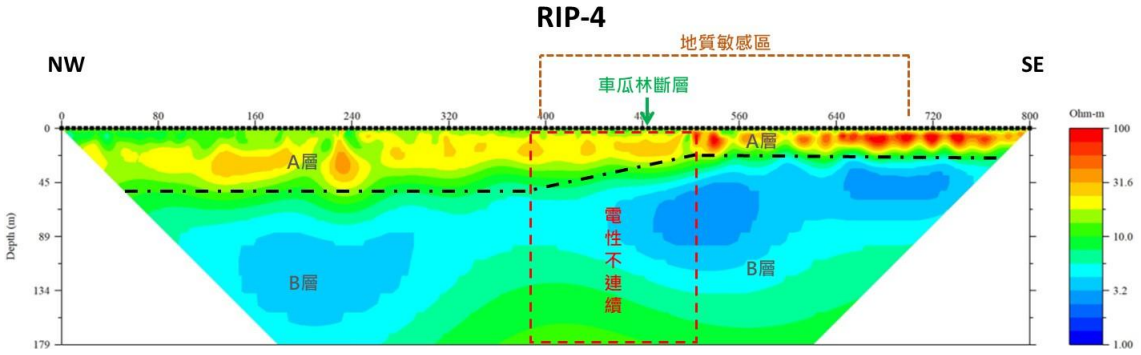


圖 3.3-6 地電阻測線 RIP-4 成果解釋圖

表 3.3-5 地電阻測線 RIP-4 之深度與電阻率分布簡表

分層	電阻率分布	測線里程(公尺)		
		0~385	385~525	525~800
A 層	分布深度(公尺)	0~50	電性不連續	0~25
	電阻率(Ohm-m)	>10		>10
B 層	分布深度(公尺)	50~180		25~180
	電阻率(Ohm-m)	<10		<10

5. 地電阻影像剖面探測成果

依據本計畫於基地範圍內所進行之 4 條地電阻影像剖面探測成果，由測線之配置，探測範圍最北可達距地質敏感區之北側邊界 380 公尺處，最南可延伸至地質敏感感區南側邊界 330 公尺處。調查成果顯示，測線 RIP-1 至 RIP-4 共四條地電阻影像剖面均可區分出兩層側向延伸良好之電性地層 A 層與 B 層，而測線 RIP-3 更可進一步區分出電性地層 B 層在淺部垂直向突出地表部分。

A 層與 B 層均在南、北兩側有厚度不一之現象(圖 3.3-3 至圖 3.3-6)，其中 A 層電阻率約>10 Ohm-m，於北側分布深度約 50~80 公尺，南側分布深度約 20~40 公尺；B 層電阻率約<10 Ohm-m，於北側分布深度在 50~80 公尺之下，南側分布深度約 20~40 公尺之下。此電性地層南、北兩側厚度不一、南高北低、測線中間具電性不連續之現象，與探查目標之車瓜林斷層造成之地下地層分布形貌相近，據此研判電性

不連續投影至地表之位置即為車瓜林斷層斷層跡之位置。此外，測線 RIP-3 剖面內之電性地層 B 層垂直向突出地表的部分穿插於 A 層之間(圖 3.3-5)，因其呈幾近垂直分布，且地理位置位於地質公園內，研判其可能為泥漿通道，與泥火山活動有關。

將各剖面之電性不連續範圍、地質敏感區範圍及車瓜林斷層地質敏感區劃定計畫書(2023)斷層跡位置三者相互對比顯示(圖 3.3-7)，地電阻剖面之電性不連續較地質敏感區範圍相比，其分布區間較為偏北，約為由距地質敏感區北側邊界 40~55 公尺延伸至距北側邊界 125~150 公尺；另一方面，電性不連續之範圍大致與劃定計畫書之斷層跡位置相符，車瓜林斷層斷層跡均通過本計畫地電阻影像剖面判釋之電性不連續範圍內(圖 3.3-3 至圖 3.3-6)。

從空間分布對比顯示(圖 3.3-7)，地電阻測線 RIP-1 至 RIP-4 剖面內之電性不連續範圍於平面上大致呈北偏東 55~63°往西南延伸，延伸位置幾乎位於分布於地質敏感區範圍內，若該電性不連續為車瓜林斷層錯動造成之地下地層分布所致，研判該電性不連續應與車瓜林斷層活動之主要破裂範圍相關。

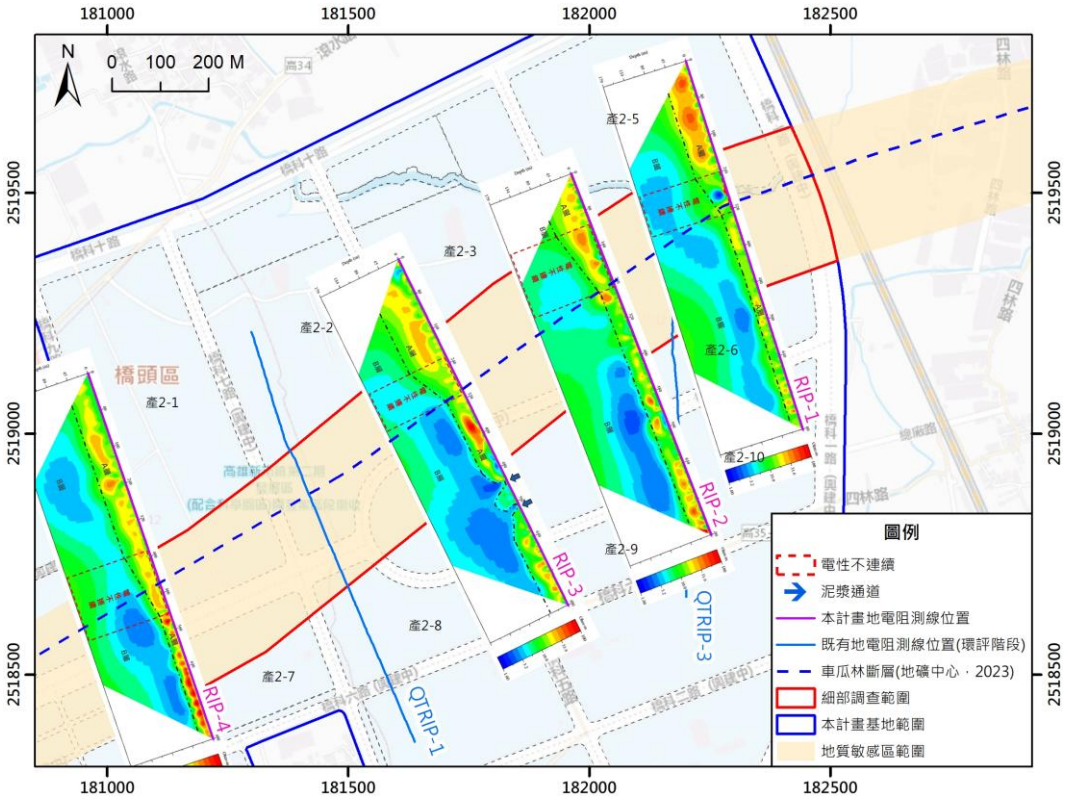


圖 3.3-7 地電阻測線成果空間分布圖

3.3.2地質鑽探調查與定年試驗分析

本計畫基地範圍與地質敏感區重疊之細部調查範圍詳見圖 1.4–2，面積為51.5 公頃，依據「地質敏感區基地地質調查及地質安全評估作業準則」(地礦中心，2024)之規定，鑽孔深度不小於 30 公尺為原則。鑽探數量部分(表 3.3-6)，細部調查面積在 0.1 公頃以下者，至少鑽探 2 鑽孔；面積逾 0.1 公頃，且在 10 公頃以下者，每增加 1 公頃增加 1 鑽孔，增加未滿 1 公頃者，以 1 公頃計；面積逾 10 公頃，且在 50 公頃以下者，每 2 公頃增加 1 鑽孔。依據上述鑽孔數量之規定，依本計畫細部調查面積最少應施作 32 孔。

為釐清車瓜林斷層之地表斷層跡、斷層影響範圍及活動性，本計畫依據「地質敏感區基地地質調查及地質安全評估手冊」(地礦中心，2024)將鑽孔布設以接近垂直斷層走向為原則，然因斷層影響範圍可能不僅限於細部調查範圍內，且為達到鑽探剖面線與斷層走向接近垂直及跨越斷層跡二側之目的，故依據「地質敏感區基地地質調查及地質安全評估手冊」在不違反「地質敏感區基地地質調查及地質安全評估作業準則」第 13 條第 1 項相關規定，將部分鑽孔往南、北兩側延伸至細部調查範圍外進行施作(圖 3.3-8)。此外，為進一步釐清基地範圍與地質敏感區之相互關係，本計畫依公告之車瓜林斷層活動斷層地質敏感區之範圍，基於地形判釋、地電阻探查成果，並配合地質敏感區範圍及現地現況限制等因素，地質鑽探原則依逐孔逐剖面方式執行共 32 孔，並視逐孔成果調整孔深，為 52~200 公尺不等，並且納入前期環評階段 6 孔鑽孔成果，總計共 38 孔作為鑽探數量之計算與評估。本計畫地質鑽探調查之主要地質剖面鑽孔約 4~7 孔，構成 6 條近乎垂直之地質剖面(P1~P6 剖面)，然為釐清斷層影響範圍，不在主要地質剖面之鑽孔，以兩孔為對(C1~C3 剖面)作為評估剖面間斷層跡分布之校正參考或主要剖面鑽孔位置調整之依據。

綜整上述，本計畫依據細部調查之鑽孔數量規定規劃施作 32 孔鑽孔，加上環評階段之 6 孔鑽孔，共計 38 孔鑽孔；鑽孔深度依據斷層上、下盤地層厚度差異調整孔深為 52~200 公尺不等，岩心以 HQ 孔徑全程連續取樣，符合安全評估作業準則之規範要求。地質鑽探之鑽孔資料及位置詳圖 3.3-8 及表 3.3-7，鑽探成果岩心照片詳見附錄五，地質鑽孔紀錄表詳見附錄六。

表 3.3-6 活動斷層地質敏感區細部調查面積與鑽探數量對照表

面積(公頃)	鑽孔數量	面積(公頃)	鑽孔數量	面積(公頃)	鑽孔數量
面積<0.1	2	10≦面積＜12	13	32≦面積＜34	24
0.1≦面積＜1.1	3	12≦面積＜14	14	34≦面積＜36	25
1.1≦面積＜2.1	4	14≦面積＜16	15	36≦面積＜38	26
2.1≦面積＜3.1	5	16≦面積＜18	16	38≦面積＜40	27
3.1≦面積＜4.1	6	18≦面積＜20	17	40≦面積＜42	28
4.1≦面積＜5.1	7	20≦面積＜22	18	42≦面積＜44	29
5.1≦面積＜6.1	8	22≦面積＜24	19	44≦面積＜46	30
6.1≦面積＜7.1	9	24≦面積＜26	20	46≦面積＜48	31
7.1≦面積＜8.1	10	26≦面積＜28	21	48≦面積＜50	32
8.1≦面積＜9.1	11	28≦面積＜30	22	50≦面積：視基地之地質、地形及開發行為之需要決定鑽探數量	
9.1≦面積＜10	12	30≦面積＜32	23		

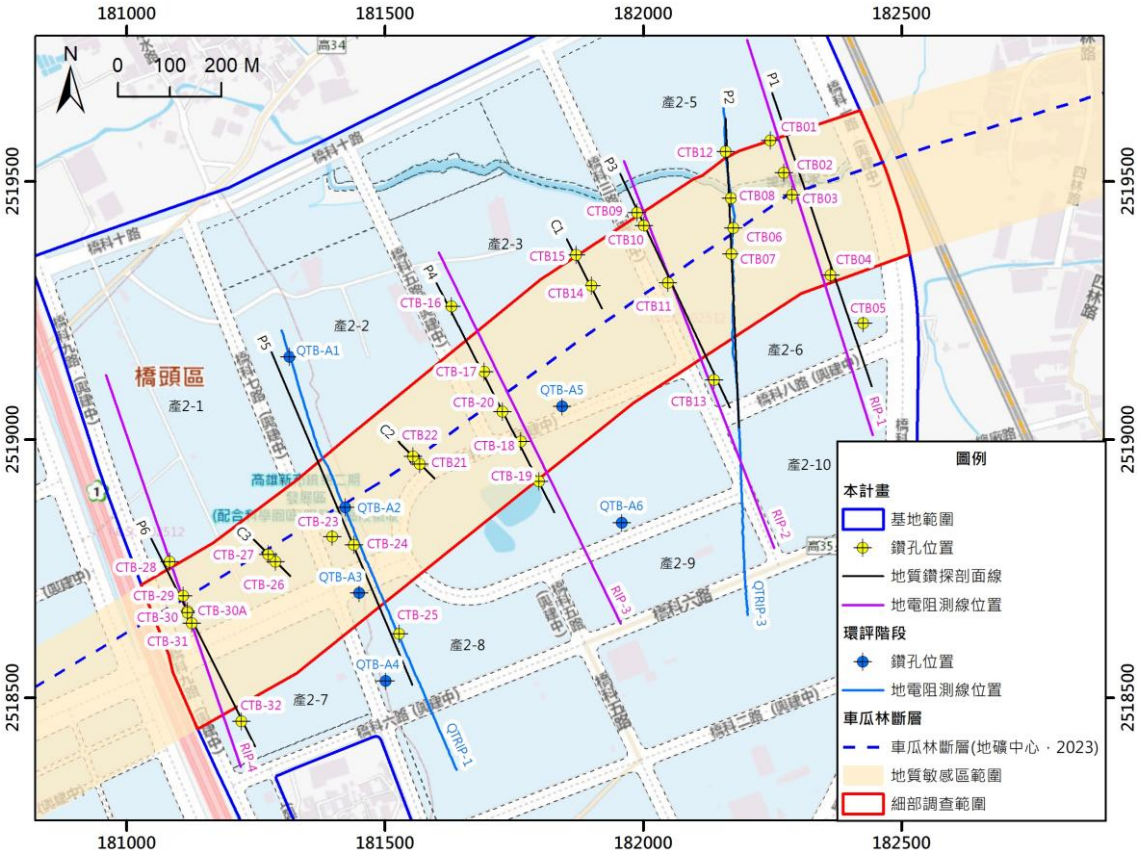


圖 3.3-8 細部調查地質鑽孔位置圖

表 3.3-7 細部調查地質鑽孔資訊表

孔號	鑽探方式	鑽孔深度(公尺)	剖面	鑽孔坐標(TWD97 二度分帶)			備註
				E	N	高程(公尺)	
CTB-1	旋鑽	200	P1	182246.51	2519579.82	20.33	本計畫鑽孔
CTB-2	旋鑽	100	P1	182272.27	2519517.11	20.31	
CTB-3	旋鑽	100	P1	182288.46	2519474.68	20.09	
CTB-4	旋鑽	80	P1	182362.53	2519318.90	22.70	
CTB-5	旋鑽	70	P1	182425.83	2519225.80	23.94	
CTB-6	旋鑽	150	P2	182174.95	2519409.98	20.06	
CTB-7	旋鑽	100	P2	182171.23	2519360.06	21.02	
CTB-8	旋鑽	100	P2	182170.09	2519467.94	19.73	
CTB-9	旋鑽	150	P3	181988.09	2519440.32	19.54	
CTB-10	旋鑽	100	P3	182001.25	2519414.81	20.41	
CTB-11	旋鑽	100	P3	182047.99	2519304.03	23.60	
CTB-12	旋鑽	140	P2	182159.88	2519558.63	19.58	
CTB-13	旋鑽	60	P3	182137.30	2519115.97	28.62	
CTB-14	旋鑽	100	C1	181899.76	2519298.58	22.15	
CTB-15	旋鑽	100	C1	181870.68	2519358.37	20.54	
CTB-16	旋鑽	100	P4	181629.25	2519258.50	21.26	
CTB-17	旋鑽	100	P4	181692.15	2519131.74	24.60	
CTB-18	旋鑽	80	P4	181763.21	2518996.54	27.08	
CTB-19	旋鑽	72	P4	181798.54	2518918.82	27.29	
CTB-20	旋鑽	150	P4	181727.55	2519053.96	26.35	
CTB-21	旋鑽	90	C2	181567.95	2518952.43	23.31	
CTB-22	旋鑽	100	C2	181554.36	2518967.52	23.60	

孔號	鑽探方式	鑽孔深度(公尺)	剖面	鑽孔坐標(TWD97 二度分帶)			備註
				E	N	高程(公尺)	
CTB-23	旋鑽	100	P5	181397.68	2518811.87	17.49	本計畫鑽孔
CTB-24	旋鑽	150	P5	181439.67	2518796.55	18.41	
CTB-25	旋鑽	100	P5	181527.67	2518623.78	22.83	
CTB-26	旋鑽	100	C3	181288.02	2518763.96	17.14	
CTB-27	旋鑽	100	C3	181274.45	2518777.43	16.69	
CTB-28	旋鑽	150	P6	181083.55	2518763.96	12.32	
CTB-29	旋鑽	150	P6	181109.07	2518697.46	12.64	
CTB-30	旋鑽	100	P6	181117.32	2518668.02	12.73	
CTB-30A	旋鑽	20	P6	181117.83	2518664.89	14.35	
CTB-31	旋鑽	136	P6	181126.19	2518644.17	13.22	
CTB-32	旋鑽	52	P6	181222.24	2518454.02	16.62	
QTB-A1	旋鑽	100	P5	181315.36	2519160.33	15.73	環評階段鑽孔
QTB-A2	旋鑽	100	P5	181423.45	2518869.38	18.04	
QTB-A3	旋鑽	100	P5	181450.32	2518703.53	21.92	
QTB-A4	旋鑽	100	P5	181504.48	2518532.50	20.71	
QTB-A5	旋鑽	100	-	181843.11	2519064.35	30.54	
QTB-A6	旋鑽	100	-	181958.77	2518839.37	31.37	

*備註：鑽孔 CTB-30A 係於鑽孔 CTB-30 完成深度 100 公尺後，經地層判釋對比評估有加深鑽孔之必要，故於距原鑽孔 4 公尺內新增鑽孔 CTB-30A，使用不取樣方式鑽至深度 90 公尺後，採連續取樣至深度 120 公尺。然為避免兩鑽孔資料混淆，本報告將鑽孔 CTB-30A 僅獨立呈現位置、岩心照片與岩心紀錄等資訊，地層判釋等將採以鑽孔 CTB-30A 深度 100~120 公尺之資料併入鑽孔 CTB-30 作為綜合評估。

1. 岩心紀錄

細部調查之地質鑽孔於基地與敏感區重疊範圍內為原則共執行完成32孔，岩心柱狀圖如圖 3.3-9 至圖 3.3-13 所示，紀錄描述如後。

(1) 鑽孔 CTB-1

深度(公尺)	岩性	弱面角度	岩性說明
0~1.2	填方	-	回填土壤
1.2~16.25	土壤	-	黃棕色-灰黑色；具平行紋理；偶夾灰黑色有機層
16.25~33.1	細砂	θb=0°	灰色；淘選佳，可見生物碎屑或破片，偶見輕微生物擾動
33.1~39.15	泥質砂	-	灰色；受輕度生物擾動
39.15~49.9	泥	θb=0°	灰色；具平行紋理及砂層；受輕度生物擾動
49.9~52	泥質砂	-	灰色；受強烈生物擾動，混雜黑色有機物與生物碎屑
52~57.1	細砂	-	灰色；偶夾生物碎屑
57.1~73.02	砂岩	θs=50°~70°	灰色；緻密；細粒；淘選佳，偶有生物碎屑與輕微生物擾動
73.02~79	泥質砂岩	-	灰色；夾有貝殼及生物碎屑，中至強烈生物擾動
79~79.8	砂岩	-	灰色；淘選佳
79.8~83.3	泥質砂岩	-	灰色，輕微至中度生物擾動，偶有生物破片與有機物
83.3~84.7	砂岩	-	灰色；細粒；淘選佳；具平行紋理及低角度交錯層理
84.7~97	泥質砂岩	-	灰色；中至強烈生物擾動，由下伏砂質泥岩轉為泥質砂岩
97~117.2	砂質泥岩	θb=20°	灰色，輕微-強烈生物擾動
117.2~140.8	泥岩	θs=42~70° θb=20°	灰色；具平行紋理，具輕微生物擾動；砂層局部有剪切紋理及公分級尺度斷層構造
140.8~143	砂岩	θs=44°~64°	灰色；淘選佳；局部剪切紋理
143~156.3	泥岩	θb=20°	灰色；具平行紋理；受輕微生物擾動，偶有原生化石

深度(公尺)	岩性	弱面角度	岩性說明
156.3~200	泥岩	θs= 68°~80°	黃棕色-灰黑色；土壤化；具剪切紋理，有多層黑色有機層

(2) 鑽孔 CTB-2

深度(公尺)	岩性	弱面角度	岩性說明
0~2.7	填方	θb=0°	回填土壤夾小礫石
2.7~7.9	土壤	-	黃褐色；局部夾有機土壤呈灰黑色
7.9~8.6	細砂	-	灰色；淘選佳
8.6~14.93	泥	-	灰黑色；夾數層有機層
14.93~19.7	中砂	-	灰色；淘選佳；具平行紋理及低角度交錯層理；生物碎屑
19.7~32.9	細砂	θb=0°	灰色；淘選佳；偶夾薄泥層與平行紋理
32.9~39.4	砂泥互層	θb=5°	灰色，局部具有機碳質物；局部輕至中度生物擾動
39.4~49.5	泥	-	灰色塊狀；夾少量生物碎屑，含原生雙枚貝
49.5~52.92	砂質泥	-	灰色；具強烈生物擾動現象，偶有有機碳質物
52.92~53.9	細砂	-	灰色；淘選佳，底部具泥層與生物碎屑層互層
53.9~71.1	砂岩	θb= 0°~10° θs= 56°~73°	灰色；細粒；淘選佳；夾有少量貝殼及剪切紋理；局部受輕微生物擾動，具生痕化石
71.1~82.5	砂岩	θb= 0°~15° θb= 65°~85°	灰色；細粒；受輕-中度生物擾動；偶有剪切紋理
82.5~100	泥質砂岩	θb= 25°~70° θs= 48°~80°	灰色；受強烈生物擾動；常見剪切紋理，局部具公分級正斷層錯動現象

(3) 鑽孔 CTB-3

深度(公尺)	岩性	弱面角度	岩性說明
0~5.18	土壤	-	黃棕色；偶夾細砂

深度(公尺)	岩性	弱面角度	岩性說明
5.18~5.35	細砂	-	灰色；偶夾泥球
5.35~5.8	泥	-	灰色
5.8~7.1	細砂	-	灰色
7.1~8.45	泥	-	灰色；偶夾礫石
8.45~8.8	有機泥	-	灰黑色
8.8~10.4	泥	-	灰色
10.4~22.47	中砂	-	灰色；細-中粒；淘選佳；夾生物碎屑；底部夾泥球
22.47~22.8	泥	-	灰色；偶有生物擾動
22.8~28.95	細砂	θs= 75°~83°	灰色；淘選佳；偶有剪切紋理
28.95~33	粉砂質砂	-	灰色；粉砂-細砂；局部層面傾斜；有液化現象
33~33.6	泥	-	灰色
33.6~34.3	細砂	-	灰色；淘選佳
34.3~44	泥	-	灰色；具平行紋理；受輕-中度生物擾動
44~46.5	中砂	-	灰色；具平行紋理；夾生物碎屑及泥球
46.5~72	泥岩	θs= 55°~80°	灰色，具灰黑色剪切紋理，組構大致破壞，層理不明顯；與泥貫入現象交替出現
72~100	泥岩	θs= 55°~80°	灰色，具灰黑色剪切紋理，組構大致破壞，層理不明顯，呈現團塊狀

(4) 鑽孔 CTB-4

深度(公尺)	岩性	弱面角度	岩性說明
0~0.5	填方	-	回填土壤
0.5~10.7	土壤	-	黃褐色；上部呈斑駁狀；偶夾粉砂及灰黑色有機層
10.7~13.15	泥	-	灰色；具平行紋理；夾碳質物
13.15~13.7	粗砂	-	灰色；生物碎屑富集
13.7~15.5	中砂	-	灰色；局部夾岩塊
15.5~20.4	細砂	-	灰色；淘選佳，層理不明顯，偶夾生物碎屑及岩塊

深度(公尺)	岩性	弱面角度	岩性說明
20.4~25	砂泥互層	-	灰色；平行紋理；受輕度生物擾動；偶夾石灰岩塊
25~34.45	泥	-	灰色，富含黑色有機物
34.45~36.2	礫質砂	-	砂夾小礫、珊瑚碎塊，淘選差
36.2~80	砂岩	θb=65°~70° θs=55°~75°	灰色；偶夾泥岩；局部夾石英質小礫；砂岩可見網狀構造與剪切紋理；泥岩則為剪切紋理

(5) 鑽孔 CTB-5

深度(公尺)	岩性	弱面角度	岩性說明
0~6	填方	-	回填土壤
6~11.1	土壤	-	黃棕色；偶夾粉砂及灰黑色有機層
11.1~14.4	中砂	-	灰色；淘選佳，偶夾生物碎屑，具平行紋理；頂部夾木頭
14.4~23.9	細砂	-	灰色；層理不明顯，淘選佳；局部有網狀構造及剪切紋理
23.9~29.9	砂泥互層	-	灰色；平行紋理；局部強烈生物擾動；偶夾石灰岩塊
29.9~37.9	泥	-	灰色，富含黑色有機物
37.9~40.7	細砂	-	灰色，局部富含黑色有機物；受輕度生物擾動；偶夾貝殼
40.7~70	泥岩	θb=68° θs=55°~72°	灰色；具剪切紋理

(6) 鑽孔 CTB-6

深度(公尺)	岩性	弱面角度	岩性說明
0~14.9	土壤	-	黃褐色-黃灰色；偶夾砂及灰黑色有機層
14.9~27.85	細砂	-	灰色；淘選佳；具平行紋理；偶有生物擾動
27.85~34.25	砂泥互層	θb=54° θs=60°	灰色；局部泥中有剪切紋理及小型、公分級錯動之正斷層
34.25~42.9	泥	θs=65°~80°	灰色；局部有剪切紋理及小型、公分級正斷層

深度(公尺)	岩性	弱面角度	岩性說明
42.9~44	砂質泥	-	灰色，輕微生物擾動
44~46.2	泥質砂	-	灰色，具生物碎屑
46.2~84	泥岩	θs= 54°~80°	灰色，灰黑色剪切紋理發達，常具有黑色條帶狀，組構大致破壞，層理不明顯，呈現黏滯性類型
84~150	泥岩	θs= 17°~80°	灰色，具灰黑色剪切紋理，組構大致破壞，層理不明顯，呈現團塊狀

(7) 鑽孔 CTB-7

深度(公尺)	岩性	弱面角度	岩性說明
0~3.15	填方	θb=0°	回填土壤
3.15~11.35	土壤	-	黃褐色；偶夾粉砂及灰黑色有機層
11.35~24.3	細砂	-	灰色；淘選佳；偶有輕微生物擾動，粒徑具向下變細的趨勢
24.3~31.7	砂泥互層	θb= 3°~5°	灰色；局部疑有液化現象
31.7~40	泥	-	灰色；偶見波浪狀或對稱狀波痕；受輕度生物擾動
40~42	泥質砂	θs=55°	灰色，輕微生物擾動
42~44.1	細砂	θb=5°	灰色；平行紋理及低角度交錯層理；夾生物碎屑
44.1~50.2	砂泥岩互層	θs= 30°~70°	灰色；局部具剪切紋理
50.2~100	泥岩	θs= 50°~83°	灰色；剪切紋理發達，局部黑色條帶狀斷層磨泥岩發達

(8) 鑽孔 CTB-8

深度(公尺)	岩性	弱面角度	岩性說明
0~2.1	填方	-	回填土壤
2.1~4.9	土壤	-	黃褐色；偶夾粉砂
4.9~14.1	泥	-	灰色；局部黃褐色斑駁狀，偶夾有機碳質物
14.1~27.05	細砂	-	灰色；淘選佳；偶夾生物碎屑及生物擾動

深度(公尺)	岩性	弱面角度	岩性說明
27.05~33.3	砂泥互層	θb=0°	灰色，局部具有機碳質物；砂層厚度數公分至數十公分
33.3~48.5	泥	θb=0°	灰色；間夾砂層，輕微生物擾動；局部有泥貫入現象
48.5~50.3	砂質粉砂	-	灰色，輕微至強烈生物擾動
50.3~52.15	砂泥互層	-	灰色，泥層可見輕微至強烈生物擾動
52.15~90.9	泥岩	θb=64° θs= 27°~65°	灰色，輕微至強烈生物擾動，局部具有生物破片；具剪切紋理；粒徑有向下變粗趨勢
90.9~100	砂岩	θs= 55°~80°	灰色；細粒，輕微生物擾動；常見高角度網狀構造

(9) 鑽孔 CTB-9

深度(公尺)	岩性	弱面角度	岩性說明
0~3.7	填方	-	黃褐色；含耕作土
3.7~7.7	土壤	-	黃褐色；夾粉砂；斑駁狀流紋
7.7~9.8	泥	-	灰色；夾薄層粉砂
9.8~11	細砂	-	灰色；淘選佳
11~17.05	土壤	-	黃棕-灰黑色，斑駁狀；夾灰黑色有機層
17.05~32.4	細砂	-	灰色；淘選佳；具平行紋理；局部有低角度交錯層理
32.4~39.6	砂泥互層	-	灰色；具平行紋理及低角度交錯層理；有輕微生擾動
39.6~53	泥	-	灰色；具平行紋理及砂層，偶見波浪狀或對稱狀波痕
53~54	泥質砂	-	灰色；受強生物擾動，具黑色有機碳質物
54~57.9	細砂	-	灰色；淘選佳，夾生物碎屑
57.9~62.4	中砂	-	灰色；粗-中粒砂、礫石及有機物混雜，組構為基質支持，礫石材料包括泥質、砂岩質及石灰岩質，粒徑可達 10cm 以上；砂層偶見錯距小之正斷層
62.4~91.35	砂質泥岩	-	黃棕色；土壤化；灰黑色斑駁狀，黑灰色泥貫入現象發達，

深度(公尺)	岩性	弱面角度	岩性說明
			呈現紋理狀至層狀，大多為低角度貫入，可達 10cm 以上
91.35~95.9	砂岩	θs= 62°~72°	黃棕-灰色；偶有剪切紋理
95.9~101.8	砂岩夾礫	θs= 50°~80°	黃棕色，具低角度交錯層之生物碎屑砂；夾礫石，礫石材料為石灰岩岩塊；局部泥貫入；多有剪切紋理
101.8~108.82	砂岩	θs=80°	灰色；局部輕微生物擾動；偶夾薄泥層或泥球；有網狀構造與剪切紋理
108.82~150	砂質泥岩	θs= 50°~75°	灰色；層面約 20°；受中-強烈生物擾動；偶有剪切紋理及泥貫入現象

(10) 鑽孔 CTB-10

深度(公尺)	岩性	弱面角度	岩性說明
0~3.35	填方	-	回填土壤
3.35~18.75	土壤	θb=0°	黃棕-灰色；偶夾粉砂及灰黑色有機層
18.75~35.9	細砂	-	灰色；淘選佳；局部具平行紋理；偶夾生物碎屑或泥層
35.9~38	砂泥互層	-	灰色；輕微生物擾動
38~54	泥	-	灰色；具平行紋理及砂層，偶見波浪狀或對稱狀波痕
54~57.65	細砂	-	灰色；淘選佳，局部輕微生物擾動，偶見泥塊層
57.65~100	泥岩	θs= 40°~75°	灰黑色，具高角度剪切紋理，組構大致破壞，層理不明顯，呈現團塊狀；有泥貫入現象

(11) 鑽孔 CTB-11

深度(公尺)	岩性	弱面角度	岩性說明
0~2.3	填方	-	回填土壤
2.3~16.35	土壤	θb=0°	黃棕-灰色；夾灰黑色有機層；局部具流紋
16.35~28.5	細砂	θb=0°	灰色；淘選佳；偶夾生物碎屑；具平行紋理；底部夾泥球

深度(公尺)	岩性	弱面角度	岩性說明
28.5~32.25	砂泥互層	-	灰色；輕微生物擾動
32.25~47	泥	-	灰色；具平行紋理及砂層；受輕度生物擾動
47~49	泥質砂	-	灰色；受強烈生物擾動；局部液化作用
49~50.8	細砂	-	灰色；淘選佳
50.8~100	泥岩	θb=40° θs= 20°~80°	灰色；具灰黑色剪切紋理，組構大致破壞，層理不明顯

(12) 鑽孔 CTB-12

深度(公尺)	岩性	弱面角度	岩性說明
0~5.2	填方	-	回填土壤
5.2~8.8	土壤	-	黃灰色-灰黑色
8.8~14.92	泥	-	灰黑-灰色；受輕微土壤化
14.92~31.55	細砂	θb=0°	灰色；淘選佳，平行紋理或低角度交錯層，輕微生物擾動
31.55~49	泥	-	灰色；具平行紋理與砂層；受輕度生物擾動
49~54.4	礫石及珊瑚礁岩塊	-	鬆散；基質支持，粒徑大小不一，角礫至次角礫
54.4~76.1	砂質泥岩	θb=15° θs= 50°~65°	灰色；偶夾生物碎屑與公厘級厚砂層，輕微至強烈生物擾動
76.1~83.7	砂岩	θs= 45°~66°	灰色；細粒；淘選佳；局部有剪切紋理；輕微生物擾動
83.7~92.2	泥質砂岩	-	灰色；受強烈生物擾動；生物殼體豐富；偶有剪切紋理
92.2~100.1	砂岩	θs= 62°~74°	灰色；具生物碎屑；淘選佳；偶見剪切紋理與網狀構造
100.1~128	砂質泥岩	θb= 20°~22° θs= 18°~62°	灰色，平行紋理與低角度交錯層理；受強烈生物擾動
128~140	泥岩	θb=16° θs= 58°~90°	灰色；具平行紋理及砂層；局部有剪切紋理；輕微生物擾動

(13) 鑽孔 CTB-13

深度(公尺)	岩性	弱面角度	岩性說明
0~5.4	填方	-	回填土壤
5.4~16.7	土壤	-	黃棕色，局部具平行紋理
16.7~17.83	細砂	-	灰色；淘選佳
17.83~18.65	砂質泥	-	灰色
18.65~27.25	細砂	-	灰色；局部有泥貫入現象，厚層由泥紋至泥層，泥層寬度最大可達 1.5m
27.25~32.3	粉砂質砂	-	灰色；具低角度交錯層理、同沉積變形構造及平行紋理
32.3~33.4	泥	-	灰色；夾砂層
33.4~33.9	細砂	-	灰色；淘選佳
33.9~38.8	泥	-	灰色；具平行紋理及砂層；受輕微生物擾動，具碳質有機物
38.8~44.4	砂質泥	-	灰色；具生物碎屑，受強烈生物擾動
44.4~47.1	細砂	-	灰色；偶夾泥，低角度交錯層理；偶夾貝屑
47.1~60	砂岩	θb=65°	灰色，偶夾砂泥岩互層；層面高角度傾斜；有剪切紋理或公分級錯動

(14) 鑽孔 CTB-14

深度(公尺)	岩性	弱面角度	岩性說明
0~6.5	填方	-	回填土壤
6.5~19.55	土壤	-	黃棕-灰黑色；偶夾薄層灰黑色有機層
19.55~29	中砂	-	灰色；具平行紋理及交錯層
29~34.35	砂泥互層	-	灰色；輕微生物擾動
34.35~48	泥	-	灰色；富含黑色碳質有機物；受輕度生物擾動，局部強烈
48~51.2	砂質泥	-	灰色；受強生物擾動，具黑色有機碳質物
51.2~55.45	泥質砂	-	灰色；淘選佳，夾生物碎屑；偶夾薄泥層；受輕度生物擾動

深度(公尺)	岩性	弱面角度	岩性說明
55.45~100	泥岩	θs= 65°~78°	灰-灰白色，具灰黑色剪切紋理；局部有泥貫入現象

(15) 鑽孔 CTB-15

深度(公尺)	岩性	弱面角度	岩性說明
0~7.5	填方	-	回填土壤
7.5~19.7	土壤	-	黃棕-灰黑色；偶夾灰黑色有機層及細-粉砂層
19.7~36.6	細砂	θb=0°	灰色；淘選佳；具平行紋理
36.6~43.27	砂泥互層	-	灰色；具平行紋理及低角度交錯層理；有輕微生擾動
43.27~58.7	泥	-	灰色；具平行紋理砂層；受輕度生物擾動
58.7~63.65	細砂	θb=10°	灰色；具平行紋理；含黑色碳質有機物與生物碎屑，受輕微生物擾動；底部夾珊瑚岩塊
63.65~73.3	泥岩	θb= 18°~26° θs=60°	灰色；具平行紋理及砂層；偶有公厘-公分級泥貫入現象；具剪切紋理與微錯動
73.3~78.5	砂岩	θb=14°	灰色；細粒；淘選佳，具平行紋理；偶有泥貫入現象
78.5~81.6	泥岩	-	黃棕色；土壤化；有植物根痕
81.6~84.65	砂岩	θb=35° θs=80°	黃灰色，輕度風化；局部泥貫入與風化現象；微錯動
84.65~86.85	礫岩	-	鬆散，基質支持，礫石粒徑大小不一，為角礫至次圓狀
86.85~100	砂岩	-	黃灰色，受輕度風化；局部有泥貫入與風化現象；層間偶具開裂裂縫，開裂長度約數十公分，寬度約公厘級，層縫間有風化現象

(16) 鑽孔 CTB-16

深度(公尺)	岩性	弱面角度	岩性說明
0~7	填方	-	土壤、磚瓦、混凝土塊
7~31.1	土壤	-	黃褐色
31.1~34.55	中砂	-	灰色；夾泥球

深度(公尺)	岩性	弱面角度	岩性說明
34.55~37	泥	-	灰色；具波浪波痕；輕微生物擾動
37~47.58	細砂	-	灰色；淘選佳；偶夾泥球
47.58~53.65	砂泥互層	-	灰色；細粒砂；有生物碎屑及有機物；層面水平
53.65~75	泥	-	灰色；具有原生生物殼體，具輕微生物擾動
75~80.3	細砂	-	灰色；偶夾泥層；中至強烈生物擾動
80.3~82.03	泥	-	灰黑色；有輕微至強烈生物擾動
82.03~95.3	泥岩	-	黃褐色，斑駁狀；土壤化；局部呈流紋狀
95.3~95.6	粉砂岩	-	灰色，受淋溶作用
95.6~96.25	礫岩	-	石灰岩質礫石或砂岩岩塊，基質支持
96.25~100	泥質砂岩	-	黃褐色；土壤化

(17) 鑽孔 CTB-17

深度(公尺)	岩性	弱面角度	岩性說明
0~7.75	填方	-	回填土壤
7.75~35.3	土壤	-	黃褐色，局部可見平行紋理
35.3~43.95	中砂	-	灰色；淘選佳；有生物碎屑
43.95~48.85	細砂	-	灰色；淘選佳；平行紋理
48.85~54.3	砂泥互層	-	灰色；層面水平；有生物碎屑
54.3~70.6	泥	-	灰色；底部有輕微生物擾動
70.6~76.6	泥質砂	-	灰色；生物擾動
76.6~76.8	細砂	-	灰色；夾小礫石及生物碎屑
76.8~78	泥岩	-	灰黑色；土壤化
78~85.1	砂質泥岩	-	黃褐色；斑駁狀；土壤化
85.1~91.7	泥岩	-	灰色；具流紋構造；夾小礫石及石灰岩質礫石
91.7~94	礫岩	-	黃褐色，受輕-中度風化；基質支持，基質為砂及泥，礫石角礫至次角礫狀；礫石以石英

深度(公尺)	岩性	弱面角度	岩性說明
			質、砂岩質及石灰岩質為主，粒徑約 1-8cm
94~100	泥質砂岩	-	黃褐色；土壤化

(18) 鑽孔 CTB-18

深度(公尺)	岩性	弱面角度	岩性說明
0~3.9	填方	-	回填土壤
3.9~27.93	土壤	θb=20°	黃灰色；具水平至低角度傾斜之黑黃條紋相間狀流紋構造
27.93~55.1	中砂	θb=5°	灰色；中-粗粒；淘選佳；夾有貫入泥，貫入寬度最大可達 3.2m；偶夾貝殼及生物碎屑
55.1~68.9	粉砂質泥	θb= 5°~10°	灰色；層面傾角約 5°；具貫入現象
68.9~71.8	泥質砂	θb= 5°~15°	灰色；強烈生物擾動；局部可見泥貫入
71.8~80	泥岩	θs= 35°~70°	灰色；受剪切作用，剪切角度約 35-60°

(19) 鑽孔 CTB-19

深度(公尺)	岩性	弱面角度	岩性說明
0~1.7	填方	-	土壤、磚瓦、混凝土塊
1.7~21.82	土壤	θb= 5°~25°	黃褐色，泥貫入發達
21.82~41.7	中砂	θb= 25°~35°	灰色；淘選佳；夾貫入泥，厚度可達 2.3 公尺厚
41.7~45	粉砂質泥	-	灰色；具明顯泥貫入現象及公分級流紋
45~51.3	細砂	-	灰色；具泥貫入現象，有數十公分級泥層
51.3~72	泥岩	θs= 40°~70°	灰色；受泥貫入現象影響；局部明顯受剪切作用

(20) 鑽孔 CTB-20

深度(公尺)	岩性	弱面角度	岩性說明
0~4.2	填方	-	土壤、磚瓦、混凝土塊
4.2~35.6	土壤	-	黃褐色，具水平紋理，偶夾黑色有機層

深度(公尺)	岩性	弱面角度	岩性說明
35.6~44.7	中砂	-	灰色；夾貫入泥，厚度最大可達 50cm
44.7~50.77	細砂	-	灰色；具平行紋理；偶夾泥球
50.77~67	泥	θb=5° θs=70°	灰色；有輕微生物擾動；平行紋理；局部受剪切作用
67~71.05	泥質砂	θb=5°	灰色；具輕-強生物擾動
71.05~73.4	泥岩	-	黃褐色；具土壤化泥岩
73.4~110.4	泥岩	θb= 40°~75° θs=70°	灰色，間夾高角度鬆散砂岩層；具平行紋理；受剪切作用，剪切角度約 70~80°；層面傾角變異大，20~80°
110.4~117.8	砂質泥岩	θs=65°	灰色；中-強生物擾動；剪切
117.8~122.5	砂岩	θb= 20°~35°	灰色；偶夾泥層；平行層理
122.5~123	泥岩	-	灰黑色；土壤化
123~129.2	泥岩	-	黃褐色；土壤化；偶夾礫石
129.2~150	泥岩	θb= 50°~65° θs= 30°~75°	灰黑色，具高角度剪切紋理，剪切角度約 45~75°，組構大致破壞；局部有泥貫入現象，厚度以公分級為主

(21) 鑽孔 CTB-21

深度(公尺)	岩性	弱面角度	岩性說明
0~0.2	填方	-	回填土壤
0.2~29	土壤	-	黃褐色；夾有灰黑色有機層
29~34.5	砂泥互層	θs=74°	灰色；受輕微生物擾動；偶有剪切紋理與微錯動
34.5~34.85	礫石夾泥球	-	灰色；夾小礫
34.85~37.9	細砂	-	灰色；淘選佳；具水平紋理
37.9~39.5	中砂	θb=0°	灰色；淘選佳
39.5~40.6	黏土質礫石	-	砂岩質及泥質礫石
40.6~42.8	泥	-	灰色；具平行紋理及砂層
42.8~52.5	細砂	θb=0°	灰色；淘選佳；具平行紋理
52.5~64	砂泥互層	θb= 0°~55°	細粒；具平行紋理及厚砂層；具小型剪切構造與微錯動；偶見泥貫入

深度(公尺)	岩性	弱面角度	岩性說明
64~64.8	泥	-	灰色；夾灰黑色有機層；具水平紋理，泥流或泥絡狀波痕
64.8~70.9	泥	θb=0°	灰色；局部具平行紋理及泥貫入現象；有波浪波痕
70.9~75	砂質泥	-	灰色；輕微至強烈生物擾動；局部有泥貫入現象
75~78	泥質砂	-	灰色；受強烈生物擾動；偶有泥貫入現象
78~81	細砂	θb=5°	灰色，夾泥層；平行紋理；偶夾薄泥；偶有生物擾動
81~83.2	泥	-	灰色；夾粉砂及泥球
83.2~90	泥岩	θs=42°~80°	灰色；剪切紋理發達，局部黑色條帶狀斷層磨泥岩發達

(22) 鑽孔 CTB-22

深度(公尺)	岩性	弱面角度	岩性說明
0~3	填方	-	回填土壤
3~29.95	土壤	-	黃褐色
29.95~34.8	砂泥互層	-	灰黑-黃棕色；輕微生物擾動
34.8~38.25	細砂	-	灰色；淘選佳；有平行紋理及交錯層理
38.25~41.4	中砂	-	灰色；平行紋理偶夾泥球
41.4~41.9	泥質礫石	-	灰色；夾泥球
41.9~43.85	泥	-	灰色；具平行紋理
43.85~55.3	細砂	-	灰色；夾薄泥層
55.3~75	泥	-	細粒，具平行紋理；粒徑向下變細趨勢
75~79.7	泥質砂	-	灰色；受強生物擾動
79.7~82.7	細砂	θs=45°	灰色；偶夾泥層
82.7~100	砂質泥岩	θs=45°~84°	灰色，局部砂泥岩互層或砂岩層；層面傾角約 60~70°；具剪切紋理，傾角約 60~90°

(23) 鑽孔 CTB-23

深度(公尺)	岩性	弱面角度	岩性說明
0~6.3	填方	-	土壤、磚瓦、混凝土塊
6.3-20.4	土壤	-	黃褐色

深度(公尺)	岩性	弱面角度	岩性說明
20.4~24.4	細砂	-	灰色；顆粒向上變細；淘選佳；具交錯層理
24.4~27.6	細-中砂	-	灰色；細-中粒，顆粒向上變細；淘選佳；底部夾泥球；具交錯層理
27.6~29.5	中砂	-	灰色；平行紋理
29.5~32.25	泥	-	灰色；局部有波狀層理
32.25~46.1	細砂	-	灰色；偶夾泥球；顆粒向上漸變粗
46.1~51.6	砂泥互層	-	灰色；有中-強生物擾動；局部有生物碎屑
51.6~71	泥	-	灰色；局部夾有機物；夾約 5cm 暴風層
71~74	細砂	-	灰色；夾生物碎屑
74~100	泥岩	θs= 30°~80°	灰色；受剪切作用，剪切角度約 30~75°；局部有泥貫入現象

(24) 鑽孔 CTB-24

深度(公尺)	岩性	弱面角度	岩性說明
0~6.85	填方	-	土壤、磚瓦、混凝土塊
6.85~20.2	土壤	-	黃褐色
20.2~22	細砂	-	灰色；淘選佳；顆粒向上變細；平行紋理，為交錯層理
22~27.5	中砂	-	灰色；淘選佳；具交錯層理
27.5~30.7	泥	-	灰色；夾約 15cm 暴風砂層
30.7~33.45	細砂	θs=70°	灰色；細-中粒；平行紋理
33.45~41.45	細砂	θs= 55°~65°	灰色；淘選佳；局部夾生物碎屑
41.45~48.88	泥質砂	-	灰色；有輕微生物擾動
48.88~50.4	細砂	-	灰色；夾薄泥層
50.4~69.15	泥	-	灰色；平行穩李；生物擾動
69.15~72.8	細砂	-	灰色；夾生物碎屑
72.8~150	泥岩	θs= 30°~80°	灰色；受剪切作用，剪切角度約 45~80°

(25) 鑽孔 CTB-25

深度(公尺)	岩性	弱面角度	岩性說明
0~1.5	填方	-	土壤、磚瓦、混凝土塊
1.5~9.2	土壤	-	黃褐色
9.2~11.05	砂質泥	-	灰色；中-強生物擾動
11.05~12	砂泥互層	-	灰色；砂為細粒
12~18.45	中砂	-	灰色；疏鬆；中-粗粒；淘選佳；水平紋理
18.45~19.55	細砂	-	灰色；夾平行紋理
19.55~30.52	細砂	-	灰色；偶夾泥層及生物碎屑層
30.52-36	砂泥互層	-	灰色；輕度生物擾動
36~46.8	泥	-	灰色；平行紋理；局部有機物
46.8~47.1	泥質砂	-	灰色；夾有機物及貝殼
47.1~48.2	中砂	-	灰色；底部有生物碎屑
48.2~51.2	砂岩	θb=50° θs= 50°~60°	灰白色；粗粒；平行紋理，夾薄泥岩；層面約 50°；受剪切作用
51.2~59.6	泥岩	θb= 40°~45° θs= 40°~60°	灰色；有約 1cm 波痕；輕微生物擾動 *Planolites sp.*；輕微剪切作用
59.6~63.2	砂泥岩互層	θs= 60°~65°	灰白色；受剪切作用；底部夾小礫石
63.2~74.4	砂岩	θb=40° θs= 50°~80°	灰色；細粒；夾礫岩，20~30 cm 石英礫及牡蠣；層面約傾斜 50°
74.4~86	砂岩	θb=40° θs= 40°~85°	灰色；偶夾泥岩；富含生物碎屑；輕微剪切作用，剪切角度約 40~85°
86~88.2	泥岩	θs= 40°~60°	灰色；輕微剪切作用，剪切角度約 40~65°
88.2~100	砂岩	θb=45° θs= 50°~65°	灰色；偶夾泥岩；夾生物碎屑；輕微剪切作用，剪切角度約 45~60°

(26) 鑽孔 CTB-26

深度(公尺)	岩性	弱面角度	岩性說明
0~3.6	填方	-	土壤、磚瓦、混凝土塊
3.6~21	土壤	-	黃黑色至黃褐色
21~24.7	中砂	-	灰色；顆粒為板岩質；淘選佳
24.7~29.3	細砂	-	灰色；淘選佳
29.3~32.05	泥	-	灰色；平行紋理
32.05~50.8	細砂	θb=20°	灰色；夾薄泥層，底部泥層含量增加，局部具液化現象
50.8~68.2	泥	θs=70°	灰色；平行紋理；有輕微生物擾動；暴風砂層
68.25~72.15	細砂	-	灰色；淘選佳
72.15~74.5	土壤	-	黃灰色；岩盤土壤化
74.5~84.6	泥岩	θb= 58°~65° θs= 30°~50°	灰色；輕-強生物擾動；受輕微剪切作用
84.6~95.2	細砂	θb= 36~52°	灰色；疏鬆；局部受剪切作用；偶夾小礫石，生物碎屑
95.2~100	泥岩	θs= 34°~85°	灰色；有泥貫入現象；受剪切作用

(27) 鑽孔 CTB-27

深度(公尺)	岩性	弱面角度	岩性說明
0~1.65	填方	-	回填土壤
1.65~19.95	土壤	-	黃褐色
19.95~27.8	中砂	-	灰色；中-粗粒；夾泥塊
27.8~30.75	泥	-	灰色；平行紋理
30.75~49.7	細砂	-	灰色；底部含泥量增加，局部具液化現象
49.7~66.8	泥	-	灰色；平行紋理；有輕微生物擾動；夾原生貝殼
66.8~69	砂質泥	-	灰色；中至強烈生物擾動
69~72	細砂	-	灰色；底部夾生物碎屑
72~73.1	泥岩	-	灰黑色；夾有機物
73.1~82.8	砂岩	-	黃褐色；風化

深度(公尺)	岩性	弱面角度	岩性說明
82.8~100	砂泥岩互層	θb= 45°~58°	灰色；層面約 45~58°

(28) 鑽孔 CTB-28

深度(公尺)	岩性	弱面角度	岩性說明
0~6.5	土壤	-	黃褐色；底部夾細砂
6.5~8.45	泥	-	黃灰-灰色；具流紋
8.45~14.4	土壤	-	黃褐-黃灰色；夾生物碎屑；局部具流紋；底部夾細砂
14.4~16.2	砂泥互層	-	灰色；平行紋理；層面約呈水平
16.2~20	細砂	-	灰色；偶夾薄泥層；平行紋理；層面約呈水平
20~23.7	中砂	-	灰色；淘選佳；偶夾泥球泥塊
23.7~28.45	泥	-	灰色；偶夾粉砂
28.45~28.85	細砂	-	灰色；淘選佳；平行紋理；夾有機物
28.85~39.3	細砂	-	灰色；具生物擾動；偶夾生物碎屑
39.3~45.4	砂泥互層	-	灰色；輕微生物擾動；具平行紋理；偶見液化現象；有生物碎屑及碳質有機物
45.4~68	泥	-	灰色；偶夾泥質砂；具生物擾動
68~71.5	砂質泥	-	灰色；具生物擾動
71.5~75.35	細砂	-	灰-黃灰色；偶夾生物碎屑
75.35~77.1	泥	-	灰色；夾有機物及木頭
77.1~139.1	土壤	-	黃褐色；局部夾細砂；夾有小礫及生物碎屑
139.1~144.25	砂岩夾礫	-	黃褐色；偶夾礫石，粒徑約 2-10cm 以上；偶具剪切紋理
144.25~147	砂岩	-	灰色；淘選佳；底部夾小礫及生物碎屑
147~150	砂泥岩互層	θb=10°	灰色；偶具生物擾動

(29) 鑽孔 CTB-29

深度(公尺)	岩性	弱面角度	岩性說明
0~8	土壤	-	黃褐色；局部夾砂與泥
8~10.4	有機質泥	-	灰黑色
10.4~11.9	土壤	-	黃褐色；砂質土壤
11.9~21	中砂	-	灰色；淘選佳；平行紋理；偶夾泥層
21~22.6	細砂	-	灰色；淘選佳
22.6~25.9	泥	-	灰色；平行紋理
25.9~35.25	細砂	-	灰色；淘選佳；偶夾薄泥層
35.25~38.9	泥質砂	-	灰色；有生物擾動；夾有機物及生物碎屑
38.9~40.9	細砂	-	灰色；淘選佳
40.9~44.2	砂泥互層	-	灰色；有生物擾動；生物碎屑
44.2~62.35	泥	-	灰色；平行紋理
62.35~67.7	泥質砂	-	灰色；強烈生物擾動
67.7~69.28	細砂	-	灰色；夾生物碎屑
69.28~90.5	砂質泥岩	-	黃褐色；頂部夾有小礫石，厚度約 2m
90.5~110.7	砂質泥岩	-	黃褐色；土壤化
110.7~119.3	砂岩	-	黃褐色；115.8m 以下出現礫石及貝殼，粒徑可達 20cm 以上
119.3~124.9	砂岩夾礫	θs=60°	灰色；細砂夾小礫及貝殼，粒徑可達約 2-15cm 以上
124.9~137.5	砂泥岩互層	θb=40°	灰色；層面約 40°；局部有小型逆斷層構造
137.5~140.35	泥岩	θb=35°	灰色；具層理，層面約 40°；局部受剪切作用，剪切角度約 30°
140.35~142.6	泥岩	θb=40°	灰色；具層理
142.6~148	砂質泥岩	-	灰色；強烈生物擾動
148~150	泥質砂岩	-	灰色；偶夾生物碎屑，局部受剪切作用，剪切角度約 30°

(30) 鑽孔 CTB-30

深度(公尺)	岩性	弱面角度	岩性說明
0~7.2	土壤	-	黃褐色；局部夾砂與泥
7.2~9	有機質泥	-	灰黑色
9~12	細砂	-	黃褐色-黃灰色；淘選佳
12~19.72	中砂	-	灰色；中-粗粒；偶夾泥塊
19.72~22.7	泥	-	灰色；平行紋理
22.7~31.7	細砂	-	灰色；淘選佳；夾生物碎屑
31.7~33.9	細砂	-	灰色；夾薄泥層；夾有機物
33.9~35.5	細砂	-	灰色；淘選佳
35.5~38.7	砂泥互層	-	灰色；輕度-強烈生物擾動；局部有生物碎屑
38.7~58.9	泥	-	灰色；平行紋理
58.9~63.35	細砂	-	灰色；底部夾生物碎屑
63.35~75	砂質泥岩	-	黃褐色
75~88.95	砂岩夾礫	-	黃褐色；80m 以下出現夾小礫石，礫石以生物殼體為主，粒徑可達 15cm 以上，顆粒向上變細
88.95-90.2	砂岩	-	灰色；淘選佳
90.2~100	砂泥岩互層	θb=30°	灰色；具平行紋理及 1~3 公分砂層；生物擾動向下變強烈；層面約 40°；局部有小型逆斷層構造

(31) 鑽孔 CTB-30A

深度(公尺)	岩性	弱面角度	岩性說明
90~92.3	砂岩夾礫	-	黃褐色；夾小礫石
92.3~93	砂岩	θb=30°	灰色；淘選佳
93~108.4	砂泥岩互層	θb= 30°~40°	灰色；具平行紋理及 1~3cm 砂層；層面約 40°；局部有小型逆斷層構造
108.4~120	砂質泥岩	θs= 73°~75°	灰色；輕微至強烈生物擾動，局部具剪切紋理

(32) 鑽孔 CTB-31

深度(公尺)	岩性	弱面角度	岩性說明
0~1.1	填方	-	土壤、磚瓦、混凝土塊
1.1~10.6	土壤	-	黃褐色；底部泥質具流紋
10.6~19.5	中砂	-	灰黑色；平行紋理；夾泥塊層
19.5~23.6	泥	-	灰色；平行紋理
23.6~39	細砂	θb=0° θs= 70°~90°	灰色；平行紋理；夾生物碎屑；局部受剪切作用，有蛛網狀構造及小型斷層，剪切角度約 70~90°
39~58	泥	θs= 70°~90°	灰色；平行紋理；夾 3~20cm 厚砂層；輕微生物擾動；局部受剪切作用，小型斷層構造
58~62.6	泥質砂		灰色；有強烈生物擾動
62.6~77.7	泥岩	θs= 55°~75°	灰色；受強烈剪切作用，剪切角度約 60~80°
77.7~92.4	泥岩	θb= 30°~40° θs= 55°~75°	灰色；層面約 30~40°；有輕-強生物擾動；受剪切作用，剪切紋理發達，角度多變
92.4~107.65	泥質砂岩	θs= 30°~70°	灰色；強烈生物擾動；層面約 30°；夾少量生物碎屑；受剪切作用
107.65~136	泥岩	θs= 53°~80°	灰色；受強烈剪切作用

(33) 鑽孔 CTB-32

深度(公尺)	岩性	弱面角度	岩性說明
0~6	土壤	-	黃褐色
6~11.25	中砂	-	灰色；淘選佳
11.25~13.65	泥	-	灰色；平行紋理
13.65~23.4	細砂	θb=0°	灰色；偶夾泥層；偶夾生物碎屑
23.4~38.6	泥	-	灰色；平行紋理，偶夾厚砂
38.6~42.18	細砂	-	灰色；夾生物碎屑
42.18~52	泥岩	θb=10°	灰色；層面約 10°；局部受剪切作用，剪切角度約 70~80°

深度(公尺)	岩性	弱面角度	岩性說明
		θs= 70°~80°	

(34) 鑽孔 QTB-A1

深度(公尺)	岩性	弱面角度	岩性說明
0~8	填方	-	夾有人工物(包括紅磚及塑膠)
8~10.6	粉砂質黏土	-	黃灰色粉砂夾泥層，輕-中度風化
10.6~13	黏土	-	黃灰-灰色泥層，局部斑駁狀
13~14.7	粉砂質黏土	-	黃褐色粉砂與泥互層
14.7~16	粉砂質黏土	-	黃-黃灰色；粉砂偶夾泥層，具水平紋理，具低角度交錯層
16~23.65	黏土	-	灰-黃灰色泥層，呈中度風化
23.65~25.52	細砂	-	灰色；偶夾泥質砂層與泥層；局部呈輕度風化
25.52~26.52	中砂	-	淘選佳
26.52~30.45	粗砂	-	夾有硬頁岩或板岩小礫
30.45~34.5	黏土	-	黃灰色；局部具水平紋理，偶有生物擾動
34.5~40	細砂	-	灰色；偶夾薄泥質砂層
40~44.9	粉砂質砂	-	灰色；具輕度生物擾動，夾有生物碎屑
44.9~50	粉砂質砂	-	灰色；具水平紋理
50~53.4	黏土	-	灰色；水平紋理
53.4~55.08	粉砂質砂	-	灰色；局部生物碎屑；具水平紋理
55.08~60	黏土	-	灰色；偶夾粉砂層，交錯層理
60~73.6	黏土	-	灰色；夾生物碎屑及有機物，具輕-中度生物擾動
73.6~75.35	泥質砂	-	灰色；中度生物擾動，偶夾有機物及生物碎屑
75.35~80	泥質砂岩	-	黃灰色泥質砂與泥互層，局部夾有粉砂層，具強烈生物擾動
80~82.6	砂岩	-	灰色粉；偶夾薄泥層，局部具水平紋理
82.6~85.5	泥岩	-	灰色；具水平紋理

深度(公尺)	岩性	弱面角度	岩性說明
85.5~90	砂岩	-	灰色；偶夾薄泥層
90~93.32	泥岩	-	灰色；偶夾粉砂層，水平紋理
93.32~97.3	砂岩	-	偶夾泥礫及有機物
97.3~97.55	砂岩夾礫	-	顆粒支持礫石層，夾有泥礫
97.55~97.8	砂岩	-	夾有機物
97.8~98.15	砂岩夾礫	-	顆粒支持礫石層，粒徑約 0.1~3 公分以上
98.15~98.8	粉砂岩	-	灰色
98.8~100	泥岩	-	黃棕色；土壤化

(35) 鑽孔 QTB-A2

深度(公尺)	岩性	弱面角度	岩性說明
0~6	填方	-	粉土夾回填物
6~20	土壤	-	土壤化沖積層，局部具斑駁狀流紋
20~23.25	土壤	-	黃褐色斑駁狀土壤化泥層
23.25~24.73	黏土	-	灰色
24.73~31	細砂	-	灰色；水平紋理
31~36.15	中砂	-	偶夾泥礫，局部夾有木炭
36.15~37	黏土	-	灰色
37~43	粉砂質砂	-	偶具層理約 10 度，生物擾動
43~44.9	黏土	-	灰色泥層混雜粗砂層，夾有生物碎屑及木炭
44.9~50.25	粉砂質砂	-	灰色粉砂偶夾泥層，具水平紋理，偶具生物擾動
50.25~56	泥質砂	-	具水平紋理，夾有生物碎屑及有機物
56~60	黏土	-	灰色；輕度生物擾動
60~72	黏土	-	偶夾薄細砂層，砂層厚度約 10 公分
72~74	細砂	-	灰色
74~78	泥質砂岩	-	夾泥層
78~81.32	砂岩	-	灰色；生物擾動；夾生物碎屑
81.32~94.8	砂岩	θb=45°	夾有生物碎屑，局部具高角度透鏡狀砂泥混雜層

深度(公尺)	岩性	弱面角度	岩性說明
		θs= 50°~65°	
94.8~100	泥岩	θb=50°	偶夾粉砂層，局部具流紋，偶有輕度生物擾動

(36) 鑽孔 QTB-A3

深度(公尺)	岩性	弱面角度	岩性說明
0~0.32	填方	-	回填土層，夾有人工物
0.32~5.6	土壤	-	黃褐色土壤層，夾有草根
5.6~7.65	黏土	-	灰黃色；受中度風化
7.65~8.15	黏土	-	黃灰色；受輕度風化
8.15~9	細砂	-	灰色，偶夾泥球
9~14.45	中砂	-	灰色；局部夾有草根及泥球
14.45~17	黏土	-	灰色；局部夾有棕黃色公分級透鏡狀細砂，具生物擾動
17~19.8	細砂	-	夾有生物碎屑，偶具生物擾動
19.8~22.72	細砂	-	具水平紋理，偶夾公分級塊狀泥層
22.72~30.15	泥質砂	-	灰色；夾厚層粉砂層，粉砂層厚度約 10~50 公分不等，局部具高角度泥貫入現象
30.15~33.85	粉砂質黏土	-	灰色砂泥互層，具高角度泥貫入現象
33.85~44.8	黏土	-	灰色；具公厘等級黑色泥貫入
44.8~47.1	中砂	-	灰色；夾生物碎屑，偶具泥貫入現象
47.1~100	泥岩	θs= 30°~70°	岩層傾角約 40~50 度，具多角度剪切紋理(蛛網狀)及公分級泥貫入現象，局部具輕度生物擾動

(37) 鑽孔 QTB-A4

深度(公尺)	岩性	弱面角度	岩性說明
0~0.65	填方	-	夾回填物
0.65~4	土壤	-	土壤化現象
4~7	土壤	-	輕-中度斑駁狀土壤化現象
7~8.05	黏土	-	黃灰色；輕度風化

深度(公尺)	岩性	弱面角度	岩性說明
8.05~8.7	粉砂質砂	-	灰色；偶夾泥層，具水平紋理
8.7~14.8	中砂	-	偶夾泥層，淘選佳，偶具生物擾動
14.8~16	黏土	-	灰色
16~16.15	中砂	-	灰色；夾生物碎屑
16.15~20	細砂	-	灰色；淘選佳，偶具生物擾動
20~21	粉砂質砂	-	灰色；偶夾泥質砂層，具水平紋理，局部具生物擾動
21~21.9	黏土	-	灰色
21.9~25.22	粉砂質砂	-	灰色；淘選佳，具水平紋理
25.22~26.95	泥質砂	-	灰色泥質砂層，塊狀
26.95~29	粉砂質砂	-	灰色粉砂偶夾泥層，局部夾有機物，具生物擾動
29~35.32	黏土	-	偶夾泥質砂層，具水平紋理
35.32~40	黏土	-	灰色
40~46	黏土	-	灰色；偶夾生物碎屑
46~46.9	黏土	-	灰色泥層夾細砂層，具生物擾動
46.9~48	細砂	-	灰色細砂層，夾有生物碎屑
48~54.03	泥質砂岩	-	灰白色砂岩偶夾薄泥岩，傾角約 40~60 度，偶具剪切紋理
54.03~54.85	砂岩	θb=60°	細砂與粉砂岩薄互層，傾角約 60 度
54.85~60	砂泥岩互層	θb=55°	灰色厚層泥岩夾薄砂岩，傾角約 50~60 度，偶夾生物碎屑
60~66	砂泥岩互層	-	灰色砂岩偶夾泥岩，傾角約 60，具波痕，偶具剪切紋理
66~72	泥岩	θs=70°	剪裂帶，剪切紋理約 70 度
72~82	泥質砂岩	θb=60°	灰色砂岩偶夾泥岩，具層理，傾角約 60 度，具剪切紋理
82~84.5	砂岩	θb=60°	岩層傾角約 60 度，偶夾生物碎屑及有機物
84.5~87.4	泥岩	θb=60°	具剪裂現象，傾角約 60 度
87.4~100	砂岩	-	偶夾薄層砂泥岩互層，砂岩顆粒為細粒，局部具剪裂現象

(38) 鑽孔 QTB-A5

深度(公尺)	岩性	弱面角度	岩性說明
0~0.3	填方	-	回填土層
0.3~2.5	土壤	-	黃棕色
2.5~6.1	土壤	-	棕黃色
6.1~16.5	黏土	-	中-高度斑駁狀土壤化泥層，偶夾厚度 5~20 公分粉砂層
16.5~23	黏土	-	灰色泥層，局部夾有透鏡狀泥夾礫石貫入，呈高角度排列，礫石為次角-次圓狀，粒徑為公厘等級，基質為泥
23~27.3	泥質砂	-	偶夾中砂層，具多角度公分等級泥貫入現象
27.3~29	黏土	-	偶夾細砂層，具撓曲流紋及泥貫入現象
29~30	粉砂	-	灰色；具高角度公分等級泥貫入現象
30~30.55	黏土	-	灰色泥層夾細砂層，具泥貫入現象
30.55~64	黏土	-	灰色泥層偶具泥夾礫石貫入現象，礫石為次角-次圓狀，粒徑為公厘等級，具多角度公分等級泥貫入現象
64~71.25	泥質砂	-	灰色泥層夾泥質砂層，具多角度泥貫入現象及撓曲流紋
71.25~73	泥質砂	-	灰色泥層，具泥夾礫石貫入現象，粒徑為公厘等級
73~75.92	黏土	-	偶夾粉砂層，具泥貫入現象
75.92~100	泥岩	-	偶具公厘等級泥貫入現象，偶夾生物碎屑及小礫石

(39) 鑽孔 QTB-A6

深度(公尺)	岩性	弱面角度	岩性說明
0~0.4	填方	-	回填土層
0.7~7.4	土壤	-	黃棕色
7.4~12.7	土壤	-	棕黃色土壤層，應為原土壤層，下段可見水平紋理

深度(公尺)	岩性	弱面角度	岩性說明
12.7~18.75	黏土	-	灰色泥層，局部受輕度土壤化影響呈斑駁狀
18.75~28.05	粗砂	-	淘選良好，偶夾泥球及小礫石(粒徑約 0.2~0.5 公分)，礫石材料為硬頁岩至板岩屑
28.05~28.23	黏土	-	泥球富集
28.23~30	細砂	-	細砂層混雜泥質砂層，夾有生物碎屑，受強烈生物擾動
30~44	黏土	-	灰色泥層夾泥質砂層，受輕-中度生物擾動
44~48.8	泥質砂	-	灰色；淘選不佳，受輕-中度生物擾動，夾白色生物碎屑，偶具貫入現象
48.8~68	泥岩	-	偶夾約 5~15 公分薄層粉砂岩，層面約 40 度偶具撓曲及輕度剪切構造；局部受輕度生物擾動，偶夾灰黑色有機物及白色生物碎屑；有高角度泥貫入現象
68~84	泥岩	-	灰色泥岩偶夾薄層細砂岩，層面約 40 度，局部泥岩含有灰黑色有機物及高角度(70~80 度)透鏡狀生物碎屑富集帶
84~100	泥岩	-	灰色泥岩偶夾薄層(約 2 公分)灰白色細砂岩，局部層面約 40 度，夾有高角度(70～80 度)透鏡狀生物碎屑岩，偶具輕微剪切現象，泥岩局部富含灰黑色有機物

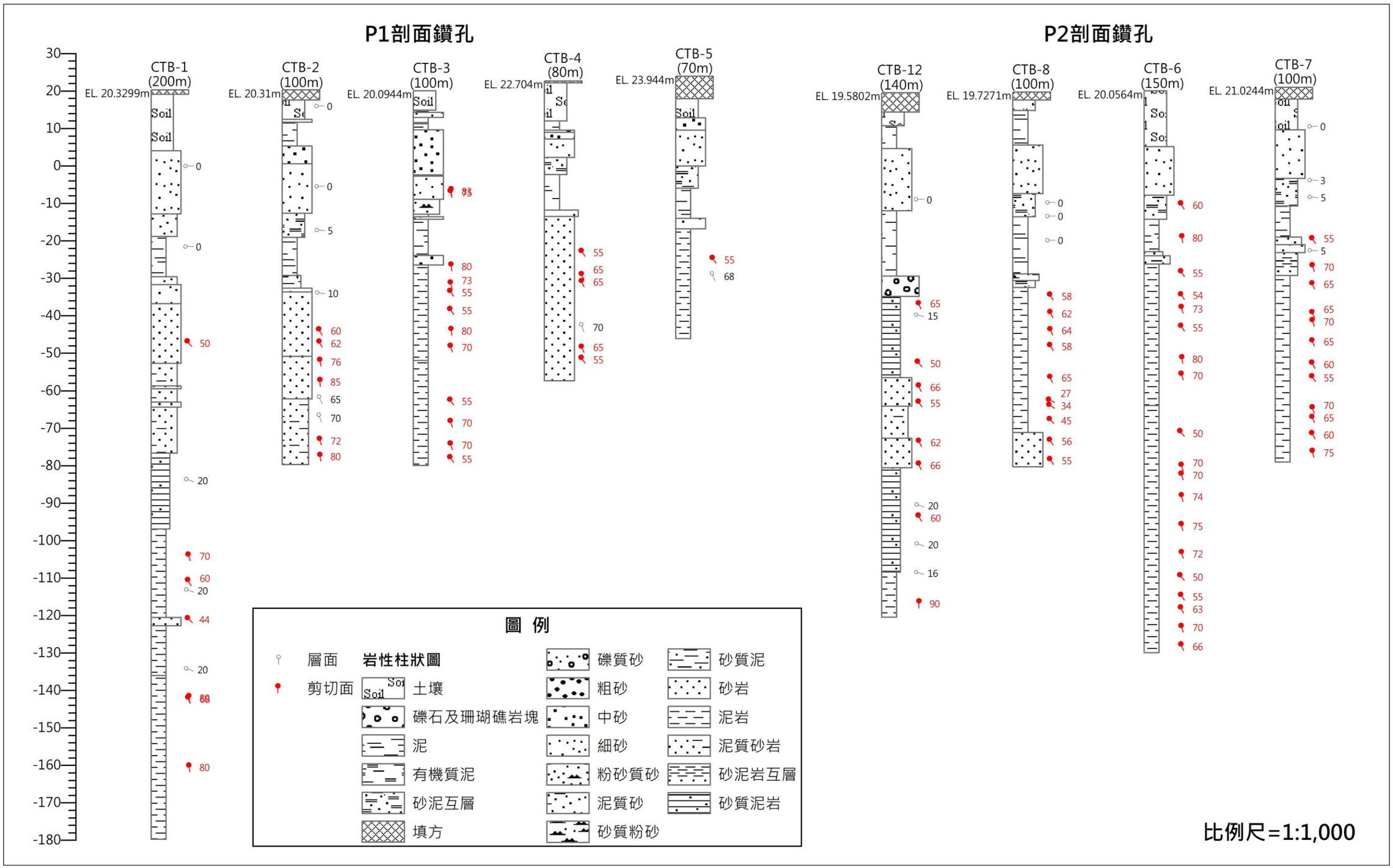


圖 3.3-9 地質鑽孔岩心柱狀圖(1/5)

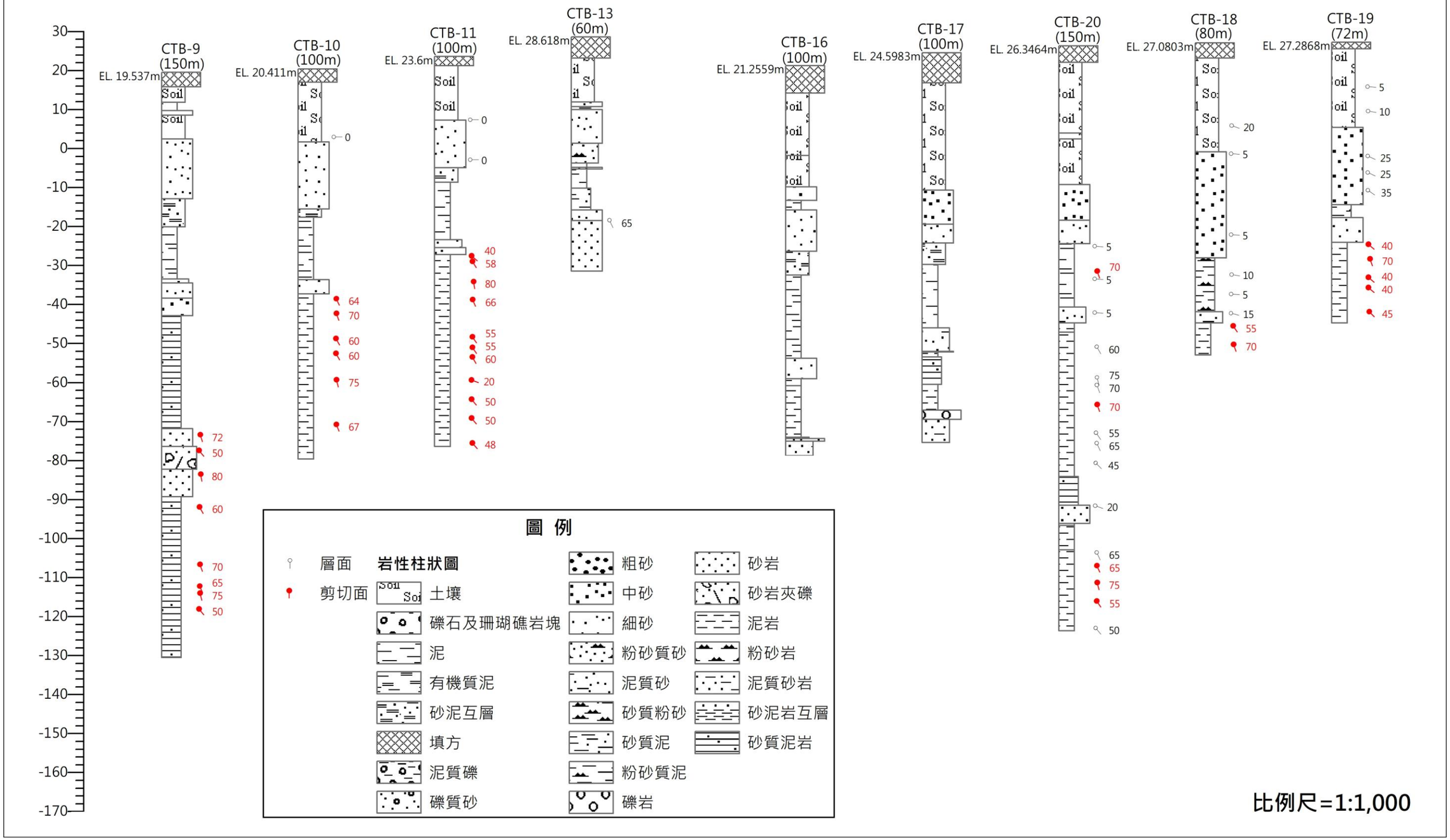


圖 3.3-10 地質鑽孔岩心柱狀圖(2/5)

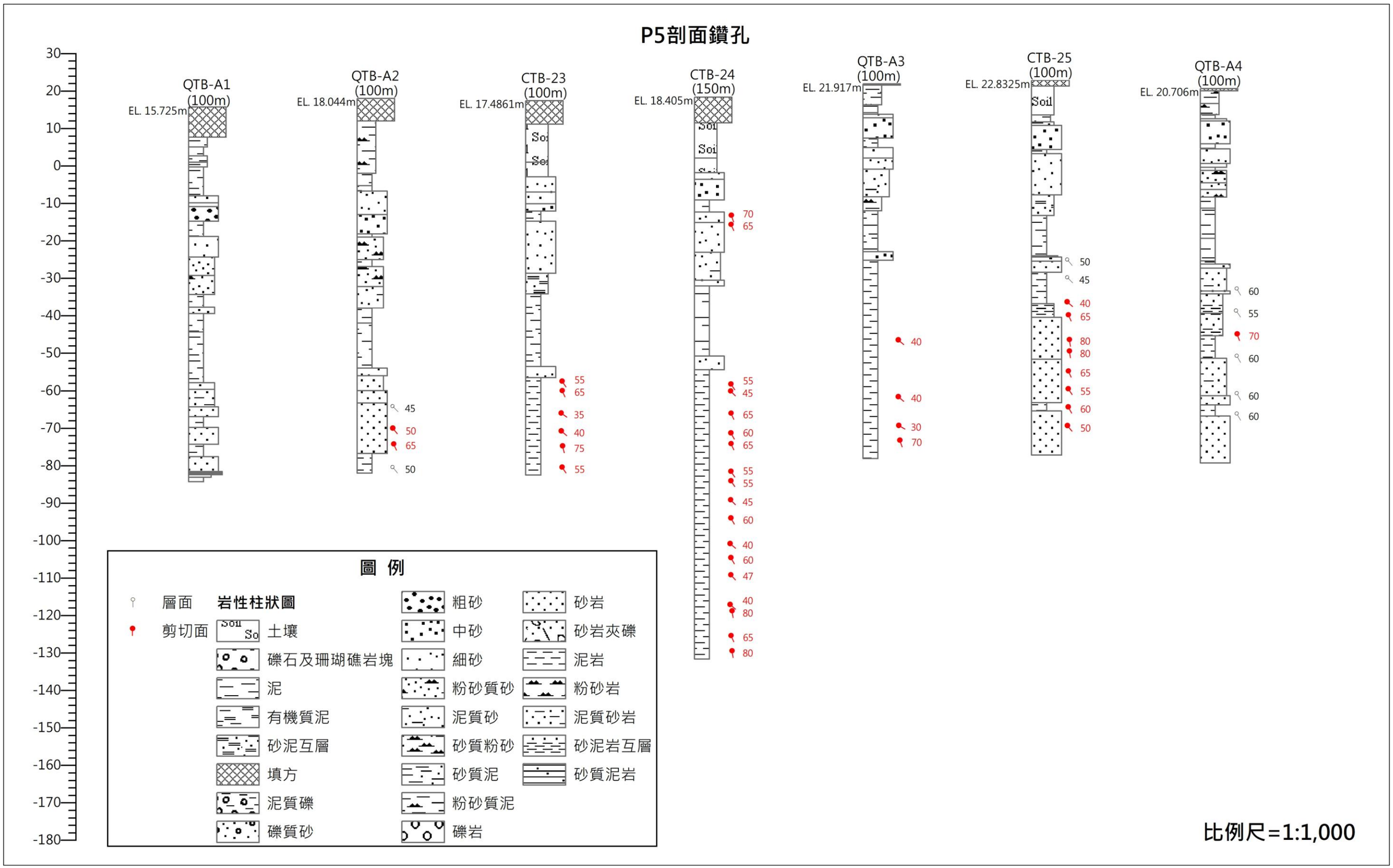


圖 3.3-11 地質鑽孔岩心柱狀圖(3/5)

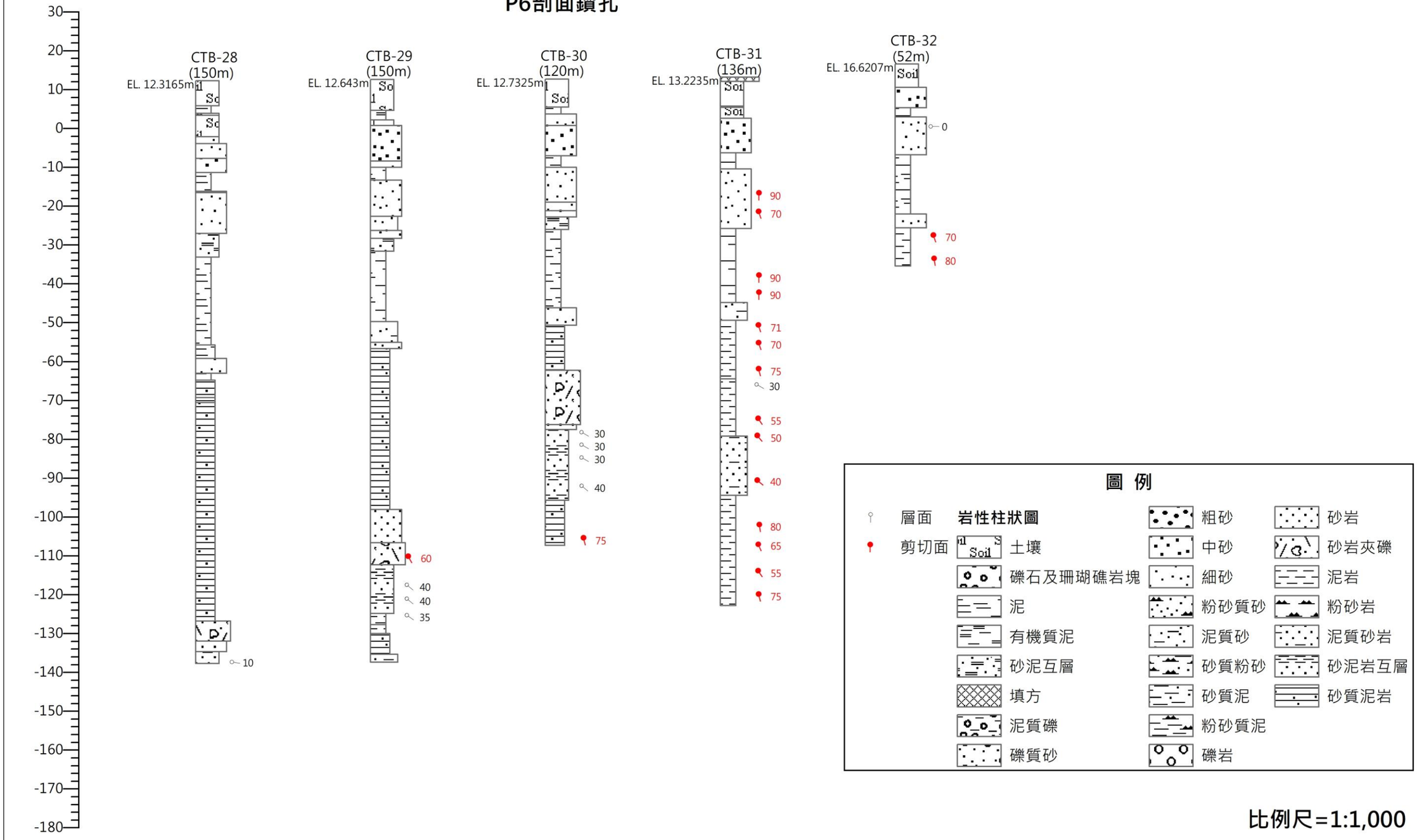


圖 3.3-12 地質鑽孔岩心柱狀圖(4/5)

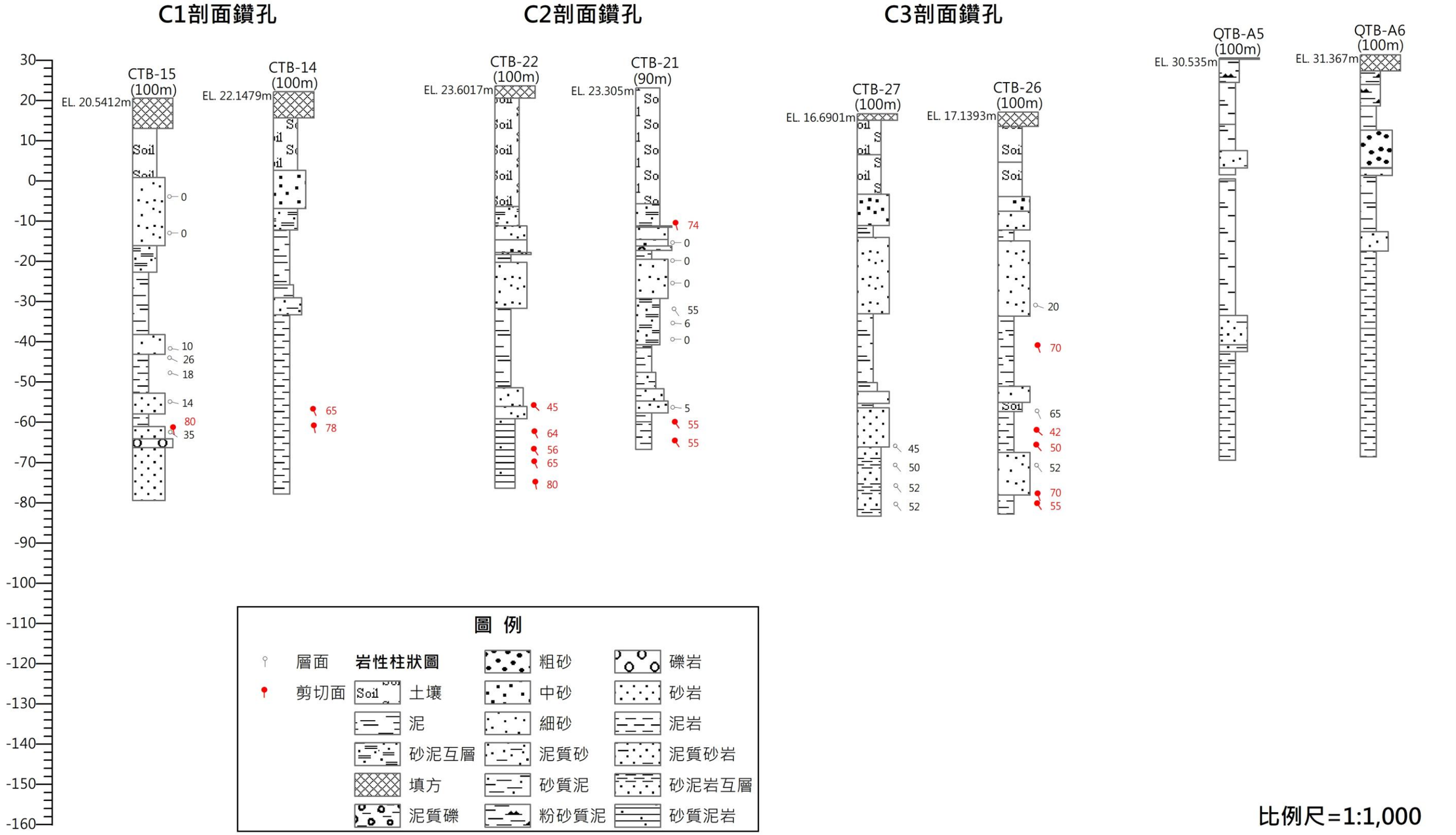


圖 3.3-13 地質鑽孔岩心柱狀圖(5/5)

2. 地層分布與描述

綜合各地質鑽孔之岩心紀錄與分析，可依據岩性將沖積層分為：土壤層(Soil)、中砂層(S)、砂泥互層(S/M)、泥層(M)與生物碎屑砂層(BS)，沖積層地層之岩心照片如圖 3.3-14；以及將岩盤分為：砂岩夾泥質砂岩及泥岩(R1)與泥岩夾砂岩及礫岩(R2)，岩盤地層之岩心照片如圖 3.3-15 所示。此外，由鑽孔岩心之產狀，可進一步判釋出具剪切構造(圖 3.3-17)及泥漿通道(圖 3.3-18)等特徵，各地層與產狀之分布與描述說明如後。

(1) 沖積層

A. 土壤層(Soil)

分布在各鑽孔內，為最上層之地層，厚度約 11~22 公尺，最厚可達 31 公尺。由黃褐色粉砂質黏土至黏土組成，局部夾灰黑色有機質泥或粒徑約 10 多公分之礫石。

B. 中砂層(S)

分布在各鑽孔內，位於土壤層下之地層，厚度不一，有層厚 3~8 公尺或 11~17 公尺等。由灰至深灰色淘選良好之中砂組成，膠結鬆散，局部可見交錯層理，偶夾泥球或生物碎屑。

C. 砂泥互層(S/M)

除鑽孔 CTB-12、CTB-18 與鑽孔 CTB-19 外皆有分布，位於中砂層下之地層，厚度不一，有層厚 6~8 公尺或 12~21 公尺等。由灰色泥、淘選良好細砂、或夾少量生物碎屑之細至中砂等地層交互出現，各層厚度不一，約數十公分至數公尺不等。

D. 泥層(M)

分布在各鑽孔內，位於砂泥互層下之地層，厚度多為 8~19 公尺，最薄約為 3 公尺。本層由灰至淺灰色泥或泥質砂所組成，部分岩心段具強烈生物擾動跡象，或具低角度至平行紋理。

E. 生物碎屑砂層(BS)

分布在各鑽孔內，位於泥層下之地層，厚度多為 2.5~6 公尺。由深灰色至灰色，細砂至粗砂組成，特徵為底部具大量生物碎屑與粒徑約 3~5 公分之礫石分布。

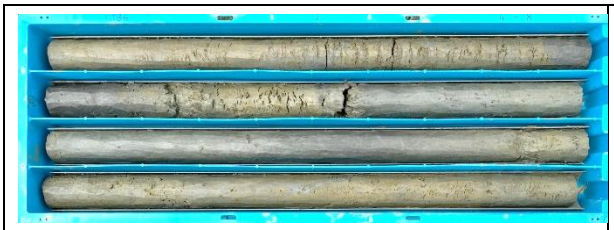
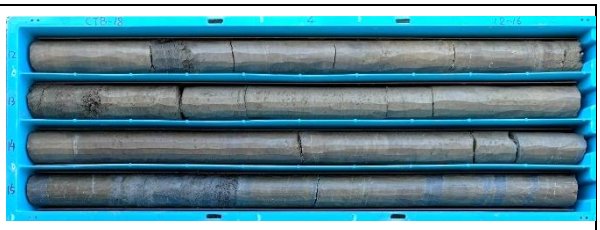
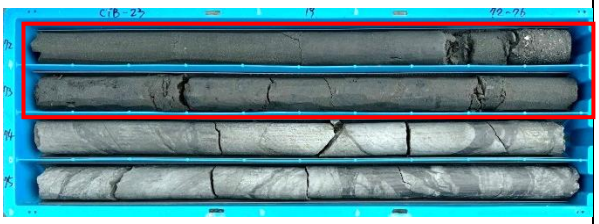
	
鑽孔 CTB-6 深度 4~8 公尺，岩心地層判釋為土壤層(Soil)	鑽孔 CTB-18 深度 12~16 公尺，岩心地層判釋為土壤層(Soil)，具黑黃相間之流紋狀構造
	
鑽孔 CTB-3 深度 24~28 公尺，岩心地層判釋為中砂層(S)	鑽孔 CTB-28 深度 40~44 公尺，岩心地層判釋為砂泥互層(S/M)
	
鑽孔 CTB-11 深度 40~44 公尺，岩心地層判釋為泥層(M)	紅框範圍為鑽孔 CTB-23 深度 72~74 公尺，岩心地層判釋為生物碎屑砂層(BS)

圖 3.3-14 沖積層地層之岩心照片

(2) 岩盤

F. 砂岩夾泥質砂岩及泥岩(R1)

分布在下盤鑽孔岩盤，由灰至淺灰色砂岩為主，間夾泥質砂岩或泥岩，夾層厚度多為數十公分至公尺級。與 R2 岩盤特性最大差異為 R1 岩盤岩性質地軟弱且膠結鬆散(手指可剝落的程度)，多數層面傾角較緩，角度約 0~20°，僅靠近斷層處具較陡之層面，角度約 40~60°，或夾角度 50~80°之黑色剪切泥，局部含少量生物碎屑，長度約數十公分。

G. 泥岩夾砂岩及礫岩(R2)

分布在上盤鑽孔岩盤，與 R1 岩盤相比質地較為堅實，主要由灰色泥岩組成，偶夾灰至深灰色細至中粒砂岩，砂岩可見層面約 30~50°，或夾數十公分級之石英質礫岩或生物碎屑，夾層厚多為數十公分至公尺級。部分岩盤受剪切作用具剪切紋理或夾剪裂泥，剪切角度紊亂，多數為高角度 60~80°，亦包含低角度 30~40°等。靠近泥火山區域之部分鑽孔岩盤受泥火山影響，具泥貫入現象。

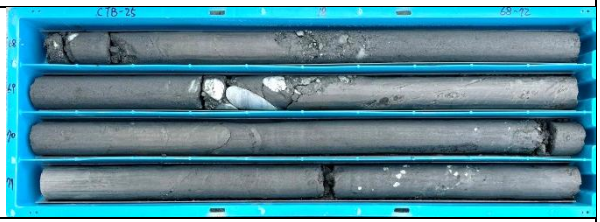
	
鑽孔 CTB-1 深度 60~64 公尺，岩性為砂岩，地層判釋屬岩盤 R1	鑽孔 CTB-2 深度 83~87 公尺，岩性為泥質砂岩，地層判釋屬岩盤 R1
	
鑽孔 CTB-32 深度 44~48 公尺，岩性為泥岩，地層判釋屬岩盤 R2	鑽孔 CTB-25 深度 68~72 公尺，岩性為砂岩夾礫岩，地層判釋屬岩盤 R2

圖 3.3-15 岩盤地層之岩心照片

(3) 剪切構造

斷層錯移之影響範圍可分為斷層帶核心(fault core)與破壞帶(damage zone) (Caine et al., 1996; R. Sutherland et al., 2012) (圖 3.3-16)，依據斷層錯移之應力集中與變形程度，可對地層造成不同之剪切構造特徵。在本計畫岩心內可以發現具剪裂泥及剪切紋理等剪切構造，岩心照片如圖 3.3-17 所示，敘述如下：

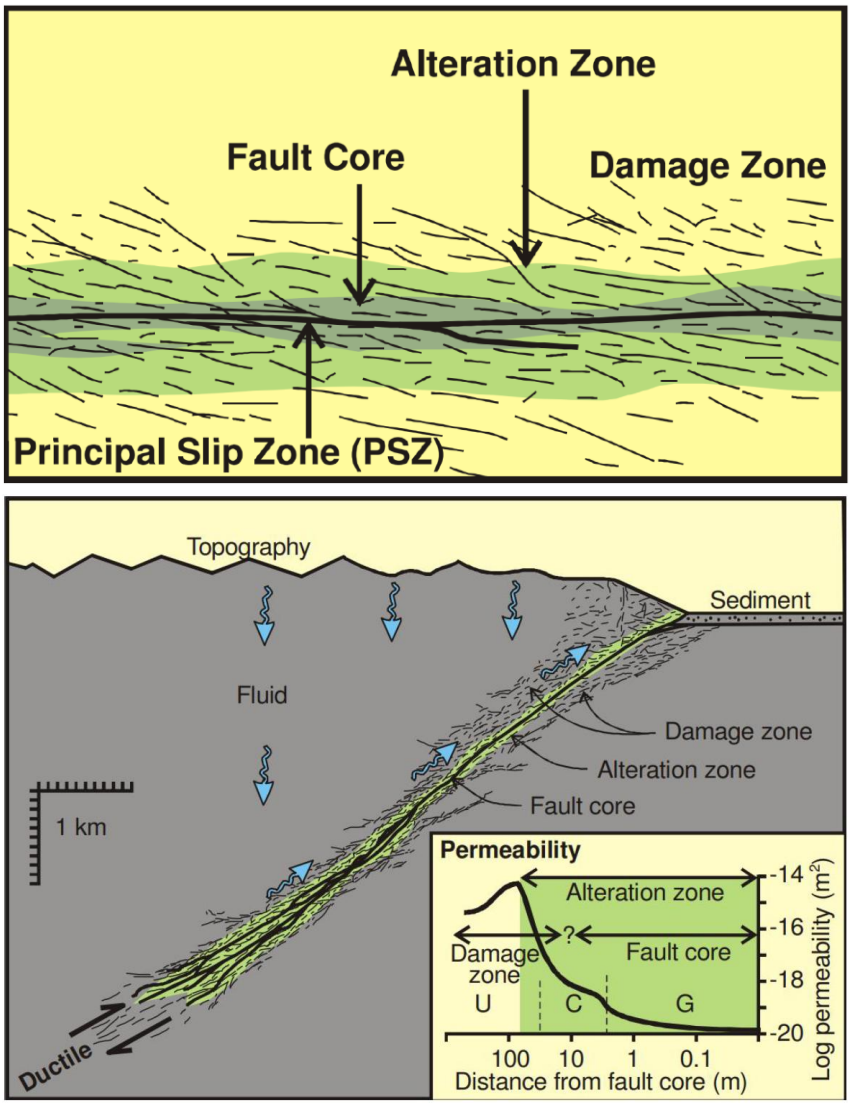
A. 剪裂泥

主要分布在靠近斷層帶之岩盤，具有黑色剪裂泥及明顯剪切面，剪切面角度紊亂，多數為高角度 60~80°，亦包含低角度 30~40°等，

為應力集中之區域，屬斷層帶核心(fault core)。此範圍為斷層錯動時之主要滑移面，即斷層發生瞬移錯動時可能造成地表破裂之範圍。

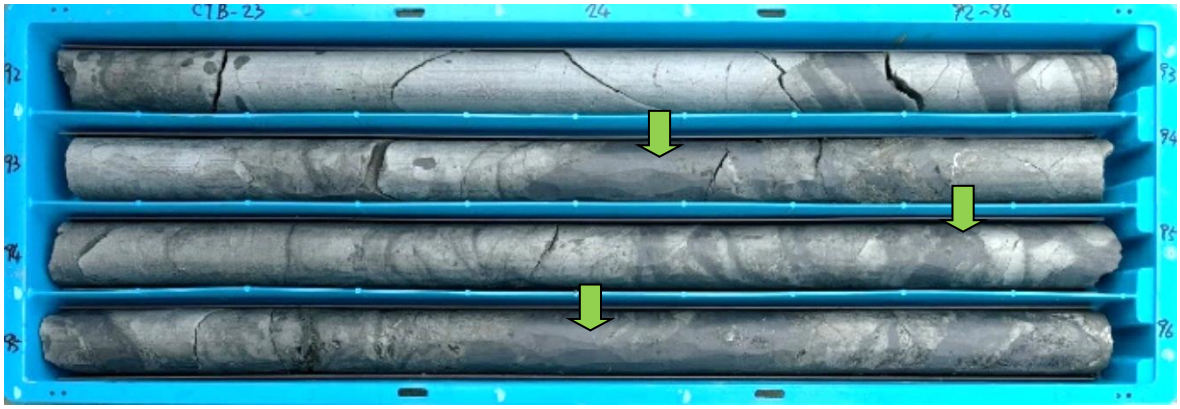
B. 剪切紋理

零星分布在各鑽孔岩盤或沖積層內，越接近斷層帶之岩盤則越為密集，其特徵為岩心具有網脈狀或絲紋狀裂隙，為應力集中區域之周圍，屬斷層破壞帶(damage zone)。此範圍為斷層活動時周遭受變形、擠壓之區域，即斷層之斷層帶影響範圍。

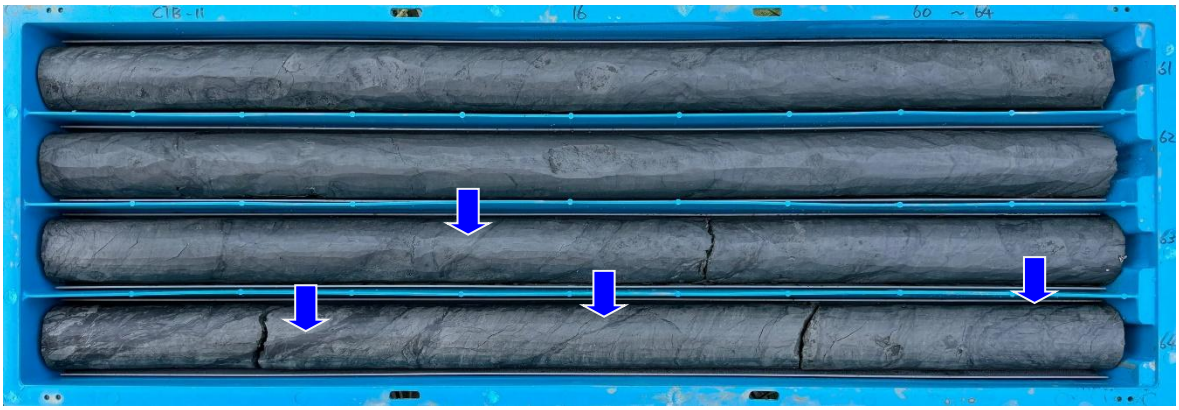


*說明：摘自 R. Sutherland et al.(2012)

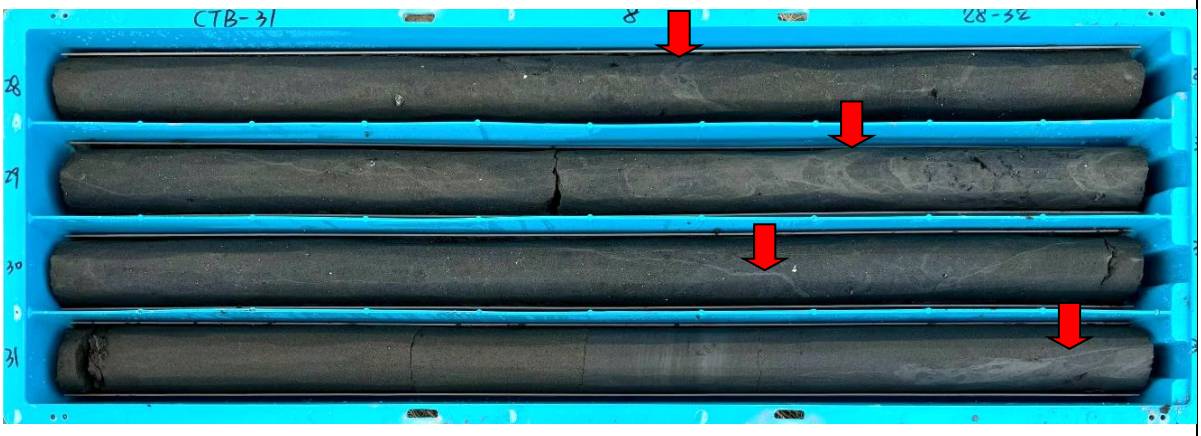
圖 3.3-16 斷層帶核心(fault core)與破壞帶(damage zone)示意圖



鑽孔 CTB-23 深度 92~96 公尺之岩心，綠色剪頭所指處為岩盤受斷層錯動剪磨作用形成之剪裂泥



鑽孔 CTB-11 深度 60~64 公尺之岩心，藍色箭頭所指處為岩盤應力集中區之周圍，局部具蛛網狀或絲狀之剪切紋理



鑽孔 CTB-31 深度 28~32 公尺之岩心，紅色箭頭所指處為受剪切之沖積層，具絲狀或薄層狀之剪切紋理

圖 3.3-17 具剪切構造之岩心照片

(4) 泥漿通道

主要分布在斷層上盤鑽孔內之中砂層或是砂泥互層深度 20 至 40 公尺處，由灰至淺灰色泥層以高角度穿入，泥層貫入方向與角度無一致性，厚度多為數公分至數十公分，最厚可達公尺等級以上，岩心照片如圖 3.3-18 所示，判釋特徵說明如下。

A. 截切關係

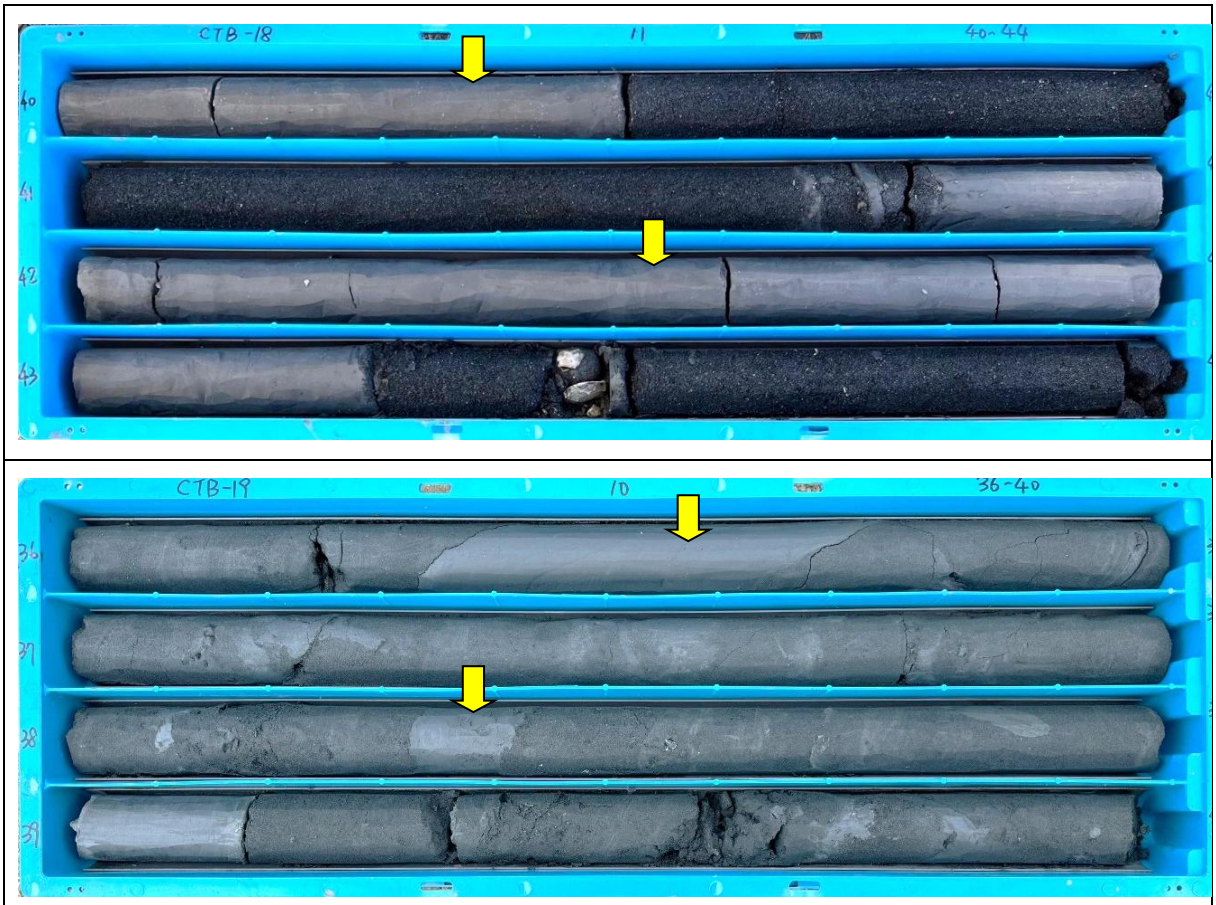
在一般的沉積環境中，正常的沉積層界線通常平行於層面，砂泥互層依循疊置定律，接觸面多為水平或低角度傾斜。但在泥貫入的岩心中常可見高角度截切，有時在岩心上會看到泥與砂的接觸面非常陡峭甚至是垂直，且邊界通常銳利或不規則，即泥流侵入砂層孔隙，在高壓下強行撐開砂層，而非平靜沉積。

B. 流動構造

一般泥層沉積是層狀堆疊，無明顯方向性或僅有水平層理。然而泥貫入則因經歷過高壓的塑性流動，內部的黏土礦物在高壓下流動時，可能留下具定向排列的痕跡。

C. 緻密性

本計畫泥貫入多發生於中砂層或砂泥互層內，非現生的貫入事件，歷史之泥貫入事件因其曾經承受過深部的高覆土壓力，泥質部分經過再壓實，其強度可能與周圍砂層有顯著差異，明顯較高。

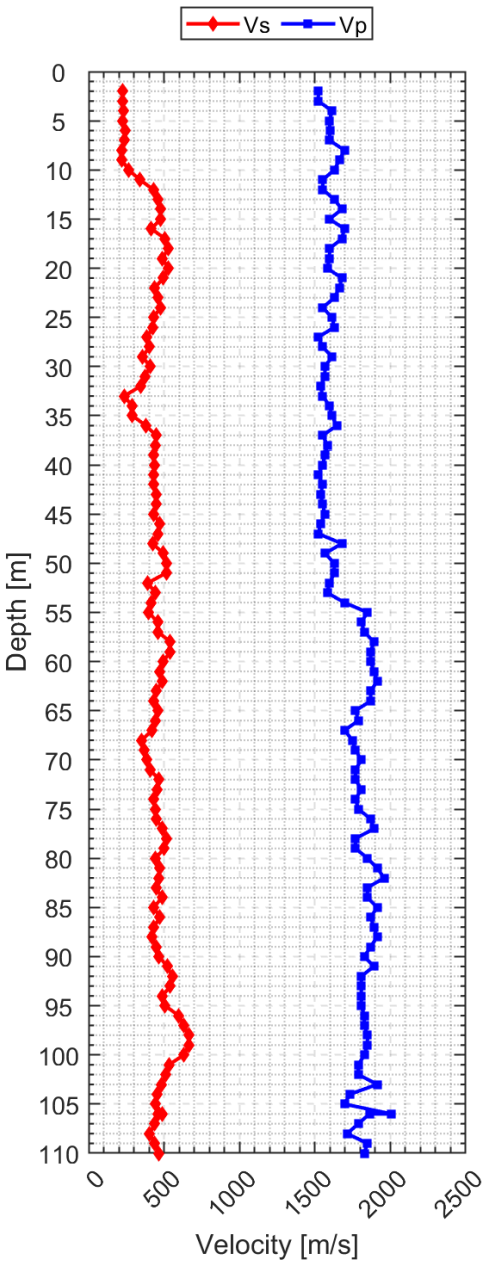


鑽孔 CTB-18 深度 40~44 公尺與鑽孔 CTB-19 深度 36~40 公尺之岩心，黃色箭頭所指處為受泥層貫入之中砂層，貫入方向紊亂，厚度不一

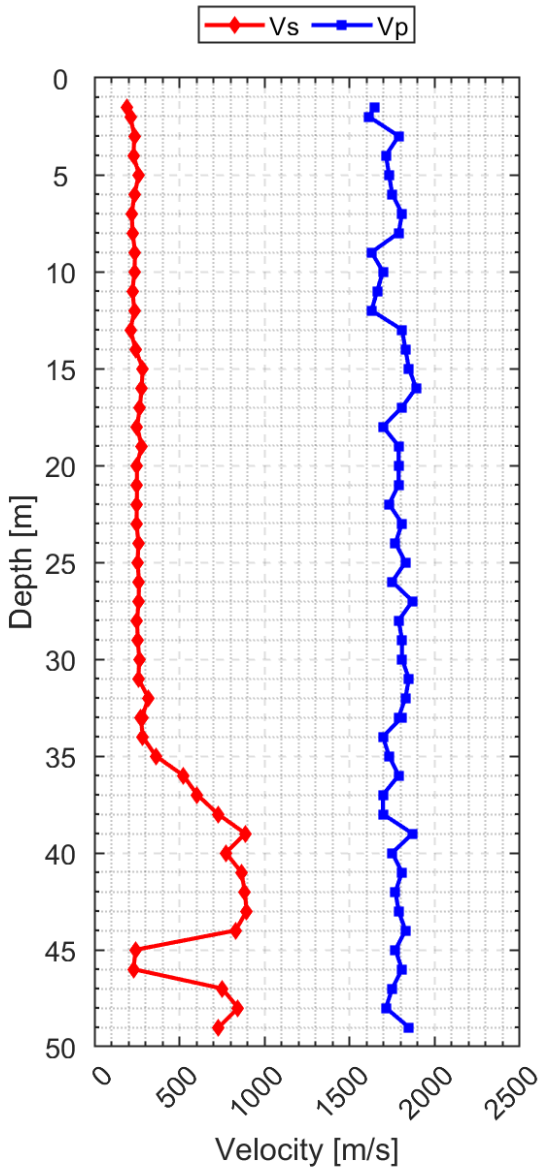
圖 3.3-18 具泥漿通道之岩心照片

3. 波速井測資料分析

為獲取各地層之波速參數，本次針對鑽孔 CTB-1 與 CTB-4 兩孔鑽孔進行波速井測分析，實際施測深度分別為 CTB-1 鑽孔 2 公尺至 110 公尺、CTB-4 鑽孔 1.5 公尺至 49 公尺，測點間距均為 1 公尺。完成 P 波與 S 波速度量測後，繪製隨深度變化之波速剖面圖如圖 3.3-19 所示，以呈現地層介面與物性差異，所得波速結果將應用於後續影響範圍數值模擬分析，詳見 3.4.2 節。



鑽孔 CTB-1



鑽孔 CTB-4

圖 3.3-19 波速井測調查成果

4. 定年試驗分析

本計畫自岩心採集適當之樣品進行碳十四定年與超微化石鑑定等定年試驗分析，原則上碳十四定年試驗樣品以採集自沖積層為主，部分樣品則採集自岩盤；古生物鑑定分析之樣品皆採集自岩盤，兩者成果作為斷層活動性或地層時代控制之依據，成果說明如後。

(1) 碳十四定年

碳十四定年試驗係依據地質鑽探剖面圖，由岩心內挑選合適地層之定年材料樣品送至實驗室進行試驗，陸相材料之樣品測定年代係採用 Calib 8.20 的 IntCal20 校正曲線校正；海相材料之樣品測定年代則採用 MARINE20 校正曲線校正，上述校正年代成果均取兩個標準差表示。

本計畫共完成 72 組碳十四定年試驗並彙整前期環評階段 12 組試驗成果如表 3.3-8 所示，詳細碳十四定年試驗測定年代與校正成果說明請參閱附錄七，茲彙整試驗成果依各地層說明如下。

A. 土壤層

本層於 P1 至 P6 剖面與鑽孔 CTB-21 與 CTB-26 完成共 13 組定年成果，最老年代為 18,147~17,760 cal yr B.P.，最年輕樣品年代為 271~-6 cal yr B.P.，試驗材料除樣品 C-B1-1523、C-B6-1005、C-B10-1616、C-B17-1312 與 C-B21-2940 為植物、木炭與木頭外，其餘皆為有機沉積物。

由於本層年代分布範圍廣泛，進一步參考各樣品試驗材料來源，因有機沉積物在沉積時位於開放環境系統，其碳來源受沉積環境影響，未必代表沉積當時年代。故根據試驗材料之沉積特性，研判除有機沉積物之定年成果較能代表土壤層之沉積年代，且依據地層疊置原理土壤層之年代不老於中砂層之年代，土壤層年代約為最老樣品之 5,280~4,879 cal yr B.P.至現代。

B. 中砂層

本層於 P1 至 P5 剖面完成共 9 組定年成果，最老年代為 7,490~7,210 cal yr B.P.，最年輕樣品年代為 5,463~5,305 cal yr B.P.，

試驗材料為貝殼、植物與木頭；以及參考環評階段鑽孔 QTB-A3、QTB-A6 之年代成果，年代分別為 4,766~4,616 cal yr B.P.與 4,768~4,611 cal yr B.P.，試驗材料皆為木頭。

綜整上述，經評估本層試驗樣品材料之沉積環境特性，研判此區域之中砂層均能代表本層之沉積年代，年代最老之樣品為 7,490~7,210 cal yr B.P.，最年輕之樣品為 4,768~4,611 cal yr B.P.。

C. 砂泥互層

本層於 P2、P3、P5 與 P6 剖面與鑽孔 CTB-21、CTB-26、CTB-27 完成共 11 組定年成果，最老年代為 16,287~15,986 cal yr B.P.，最年輕樣品年代為 5,727~5,421 cal yr B.P.，試驗材料僅樣品 C-B29-3690 為有機沉積物，其餘則包含木頭、木炭、植物或貝殼等不同來源。

上述試驗成果顯示樣品 C-B29-3690 與 C-B32-1620 之年代範圍較不一致，研判係因其測定材料影響所致。樣品 C-B29-3690 材料來源為有機沉積物，在堆積時受沉積環境影響所致；而樣品 C-B32-1620 材料雖為貝殼可信度較有機沉積物高，唯對比本區域其他貝殼樣品年代仍較不一致，推測可能為貝殼樣品易發生碳庫效應或與外界環境產生碳交換影響所致。

整體而言，經評估本層試驗樣品材料之沉積環境特性，研判此區域之砂泥互層除樣品 C-B29-3690 與 C-B32-1620 外，均能代表本層之沉積年代，年代最老之樣品為 8,181~8,031 cal yr B.P.，最年輕之樣品為 7,324~7,166 cal yr B.P.。

D. 泥層

本層於 P1、P3 至 P6 剖面與鑽孔 CTB-26 完成共 13 組定年成果，最老年代為 24,593~24,113 cal yr B.P.，最年輕樣品年代為 6,925~6,536 cal yr B.P.，試驗材料僅樣品 C-B3-4252 與 C-B19-4396 為有機沉積物，其餘則包含木頭、木炭、植物、貝殼或珊瑚等不同來源。

上述試驗成果僅樣品 C-B3-4252、C-B4-3360 與 C-B19-4396 之年代範圍較不一致，研判係因其測定材料影響所致。材料來源為有機沉積物之樣品在堆積時受沉積環境影響所致，而材料為珊瑚之樣品雖可信度較有機沉積物高，唯仍受碳庫效應或與外界環境產生碳交換如再結晶現象影響所致。

整體而言，經評估本層試驗樣品材料之沉積環境特性，研判此區域之泥層除樣品 C-B3-4252、C-B4-3360 與 C-B19-4396 外，均能代表本層之沉積年代，年代最老之樣品為 9,393~9,027 cal yr B.P.，最年輕之樣品為 7,680~7,584 cal yr B.P.。

E. 生物碎屑砂層

本層於 P1 至 P5 剖面完成共 7 組定年成果，最老年代為> 43,500 cal yr B.P.，最年輕樣品年代為 9,540~9,447 cal yr B.P.，試驗材料包含木炭、植物、貝殼或珊瑚等不同來源。

上述試驗成果顯示樣品 C-B9-5975 之年代範圍較不一致，經評估雖該樣品試驗材料為植物，其沉積環境特性之可信度應較高，惟其年代較本層其他樣品老，依據地層疊置原理該樣品可能受再沉積作用(rework)影響，以致其年代無法指示本層之沉積年代。

整體而言，經研判此區域之生物碎屑砂層除樣品 C-B9-5975 可能受再沉積影響無法作為年代參考外，其餘樣品均能代表本層之沉積年代，年代最老之樣品為 11,060~10,656 cal yr B.P.，最年輕之樣品為 9,540~9,447 cal yr B.P.。

F. 砂岩夾泥質砂岩及泥岩

本層於 P1 至 P3 與 P6 剖面完成共 14 組定年成果，除樣品 C-B1-10620 與 C-B1-16850 試驗材料為有機沉積物外，其餘則包含木頭、植物或貝殼等不同來源。

整體而言，受限於碳十四定年測定年代範圍，多數樣品之年代均為> 43,500 cal yr B.P.，未超出測定範圍之成果，其年代亦大於 40,000 cal yr B.P.，顯示此層之年代成果應老於全新世。另一方面，由於鑽孔 CTB-30 為近斷層處之鑽孔，且樣品 C-B30-9630 分布之

深度位置具大量黑色剪切紋理，即樣品位於斷層擾動帶內，故研判該碳十四定年樣品來源可能受斷層擾動影響。

綜整上述，受限於碳十四定年測定年代範圍與斷層擾動影響，僅知本地層之年代老於全新世。為進一步確認本地層所屬之地質年代，本計畫亦於本地層採取岩心進行超微化石鑑定，詳細年代說明詳見下節(2)超微化石鑑定。

G. 泥岩夾砂岩及礫岩

本層於 P4、P6 剖面與鑽孔 CTB-26 完成共 5 組定年成果，除樣品 C-B20-12548 之年代為有機沉積物外，其餘試驗材料包含木炭、木頭或貝殼等不同來源。

綜整上述，經評估本層試驗樣品材料之沉積環境特性，除材料來源來自有機沉積物外應均能代表本層之沉積年代，惟受限於碳十四定年測定年代範圍，本層之樣品之年代均為> 43,500 cal yr B.P.，僅知本地層之年代老於全新世。為進一步確認本地層所屬之地質年代，本計畫亦於本地層採取岩心進行超微化石鑑定，詳細年代說明詳見下節(2)超微化石鑑定。

H. 小結

地質鑽探剖面依據岩性將沖積層分為 5 層，岩盤分為 2 層，其年代分布大致如下：

(A)土壤層年代年輕於 4,800 cal yr B.P.；

(B)中砂層年代約為 7,200~4,800 cal yr B.P.；

(C)砂泥互層年代約為 8,000~7,200 cal yr B.P.；

(D)泥層年代約為 9,400~8,000 cal yr B.P.；

(E)生物碎屑砂層年代約為 11,000~9,400 cal yr B.P.。

(F)岩盤(砂岩夾泥質砂岩及泥岩、泥岩夾砂岩及礫岩)年代受限於碳十四定年測定年代範圍，僅知年代屬更新世或老於全新世，詳細地質年代需搭配超微化石鑑定成果加以區分，詳見下節(2)超微化石鑑定。

表 3.3-8 碳十四定年試驗成果表

項次	樣品編號	鑽孔編號	剖面	樣品高程(公尺)	地層	試驗材料	碳十四測定年代(yr B.P.)	校正年代(cal yr B.P. 2σ)	備註
1	C-B1-1523	CTB-1	P1	5.10	土壤層	plant material	4440 +/- 30	5,280~4,879	本計畫試驗成果
2	C-B1-2265	CTB-1	P1	-2.32	中砂層	shell	6360 +/- 30	6,775~6,442	
3	C-B1-5139	CTB-1	P1	-31.06	生物碎屑砂層	charcoal	8490 +/- 40	9,540~9,447	
4	C-B1-5965	CTB-1	P1	-39.32	砂岩夾泥質砂岩及泥岩	plant material	42110 +/- 730	45,974~43,413	
5	C-B1-8490	CTB-1	P1	-64.57	砂岩夾泥質砂岩及泥岩	plant material	37220 +/- 430	42,311~41,314	
6	C-B1-10620	CTB-1	P1	-85.87	砂岩夾泥質砂岩及泥岩	organic sediment	37370 +/- 420	42,360~41,401	
7	C-B1-16850	CTB-1	P1	-148.17	砂岩夾泥質砂岩及泥岩	organic sediment	>43,500	>43,500	
8	C-B2-1458	CTB-2	P1	5.73	土壤層	organic sediment	7740 +/- 30	8,590~8,430	
9	C-B2-4280	CTB-2	P1	-22.49	泥層	plant material	7210 +/- 30	8,165~7,942	
10	C-B2-6440	CTB-2	P1	-44.09	砂岩夾泥質砂岩及泥岩	shell	>43,500	>43,500	
11	C-B2-9655	CTB-2	P1	-76.24	砂岩夾泥質砂岩及泥岩	plant material	>43,500	>43,500	
12	C-B3-845	CTB-3	P1	11.64	土壤層	organic sediment	4460 +/- 30	5,294~4,884	

項次	樣品編號	鑽孔編號	剖面	樣品高程(公尺)	地層	試驗材料	碳十四測定年代(yr B.P.)	校正年代(cal yr B.P. 2σ)	備註
13	C-B3-1590	CTB-3	P1	4.19	中砂層	shell	5860 +/- 30	6,240~5,920	本計畫試驗成果
14	C-B3-4252	CTB-3	P1	-22.43	泥層	organic sediment	20250 +/- 70	24,593~24,113	
15	C-B3-4558	CTB-3	P1	-25.49	生物碎屑砂層	shell	8970 +/- 30	9,608~9,326	
16	C-B4-3360	CTB-4	P1	-10.90	泥層	coral	8320 +/- 30	6,925~6,536	
17	C-B5-1110	CTB-5	P1	12.84	中砂層	wood	4630 +/- 30	5,463~5,305	
18	C-B6-1005	CTB-6	P2	10.01	土壤層	plant material	3460 +/- 30	3,831~3,637	
19	C-B6-2032	CTB-6	P2	-0.26	中砂層	shell	6300 +/- 30	7,281~7,159	
20	C-B8-2984	CTB-8	P2	-10.11	砂泥互層	shell	7460 +/- 30	7,878~7,588	
21	C-B8-5275	CTB-8	P2	-33.02	砂岩夾泥質砂岩及泥岩	plant material	42110 +/- 600	45,904~43,941	
22	C-B8-9250	CTB-8	P2	-72.77	砂岩夾泥質砂岩及泥岩	shell	> 43,500	> 43,500	
23	C-B9-5975	CTB-9	P3	-40.21	生物碎屑砂層	plant material	> 43,500	> 43,500	
24	C-B9-9952	CTB-9	P3	-79.98	砂岩夾泥質砂岩及泥岩	plant material	> 43,500	> 43,500	
25	C-B10-1616	CTB-10	P3	4.25	土壤層	charcoal	4310 +/- 30	4,960~4,834	
26	C-B10-3342	CTB-10	P3	-13.01	中砂層	shell	7040 +/- 30	7,490~7,210	
27	C-B10-4480	CTB-10	P3	-24.39	泥層	plant material	7070 +/- 30	7,967~7,800	

項次	樣品編號	鑽孔編號	剖面	樣品高程(公尺)	地層	試驗材料	碳十四測定年代(yr B.P.)	校正年代(cal yr B.P. 2σ)	備註
28	C-B11-3388	CTB-11	P3	-10.28	泥層	charcoal	6800 +/- 30	7,680~7,584	本計畫試驗成果
29	C-B11-5080	CTB-11	P3	-27.20	生物碎屑砂層	shell	9410 +/- 30	10,218~9,898	
30	C-B12-1380	CTB-12	P2	5.78	土壤層	organic sediment	10490 +/- 30	12,620~12,206	
31	C-B12-2635	CTB-12	P2	-6.77	中砂層	plant material	6120 +/- 30	7,158~6,896	
32	C-B12-4945	CTB-12	P2	-29.87	生物碎屑砂層	coral	9010 +/- 30	9679 - 9392	
33	C-B12-6320	CTB-12	P2	-43.62	砂岩夾泥質砂岩及泥岩	plant material	38560 +/- 510	42,909~42,077	
34	C-B12-8765	CTB-12	P2	-68.07	砂岩夾泥質砂岩及泥岩	plant material	38150 +/- 460	42,711~41,931	
35	C-B13-1785	CTB-13	P3	10.77	中砂層	shell	6290 +/- 30	6,701~6,372	
36	C-B13-3310	CTB-13	P3	-4.48	砂泥互層	shell	7410 +/- 30	7,832~7,559	
37	C-B17-1312	CTB-17	P4	11.48	土壤層	wood	120 +/- 30	271~-6	
38	C-B17-6626	CTB-17	P4	-41.66	泥層	charcoal	7860 +/- 30	8,772~8,549	
39	C-B17-7675	CTB-17	P4	-52.15	生物碎屑砂層	shell	9970 +/- 30	11,060~10,656	
40	C-B18-4350	CTB-18	P4	-16.42	中砂層	shell	6170 +/- 30	6,565~6,259	
41	C-B19-1230	CTB-19	P4	14.99	土壤層	organic sediment	7360 +/- 30	8,310~8,031	
42	C-B19-4396	CTB-19	P4	-16.67	泥層	organic sediment	18160 +/- 50	22,263~21,986	
43	C-B20-2245	CTB-20	P4	3.90	土壤層	organic sediment	8710 +/- 30	9,880~9,546	

項次	樣品編號	鑽孔編號	剖面	樣品高程(公尺)	地層	試驗材料	碳十四測定年代(yr B.P.)	校正年代(cal yr B.P. 2σ)	備註
44	C-B20-5227	CTB-20	P4	-25.92	泥層	wood	7160 +/- 30	8,022~7,934	本計畫試驗成果
45	C-B20-6428	CTB-20	P4	-37.93	泥層	shell	8100 +/- 30	8,545~8,260	
46	C-B20-11056	CTB-20	P4	-84.21	泥岩夾砂岩與礫岩	shell	> 43,500	> 43,500	
47	C-B20-12548	CTB-20	P4	-99.13	泥岩夾砂岩與礫岩	organic sediment	28430 +/- 140	33,129~32,015	
48	C-B21-2940	CTB-21	C2	-6.10	土壤層	wood	3680 +/- 30	3,951~4,128	
49	C-B21-5732	CTB-21	C2	-34.02	砂泥互層	shell	7510 +/- 30	7,928~7,648	
50	C-B23-2751	CTB-23	P5	-10.02	中砂層	shell	5970 +/- 30	6,337~6,016	
51	C-B23-5172	CTB-23	P5	-34.23	砂泥互層	plant material	7320 +/- 30	8,181~8,031	
52	C-B23-7052	CTB-23	P5	-53.03	泥層	wood	8220 +/- 30	9,393~9,027	
53	C-B24-4196	CTB-24	P5	-23.56	砂泥互層	wood	7050 +/- 30	7,958~7,794	
54	C-B24-7045	CTB-24	P5	-52.05	生物碎屑砂層	shell	9260 +/- 30	10,093~9,665	
55	C-B25-645	CTB-25	P5	16.38	土壤層	organic sediment	6180 +/- 30	7,165~6,979	
56	C-B25-2420	CTB-25	P5	-1.37	砂泥互層	charcoal	6650 +/- 30	7,579~7,433	
57	C-B25-4042	CTB-25	P5	-17.59	泥層	shell	7730 +/- 30	8,160~7,872	
58	C-B26-1275	CTB-26	-	4.39	土壤層	organic sediment	5360 +/- 30	6,277~6,003	
59	C-B26-4569	CTB-26	-	-28.55	砂泥互層	wood	6940 +/- 30	7,843~7,681	

項次	樣品編號	鑽孔編號	剖面	樣品高程(公尺)	地層	試驗材料	碳十四測定年代(yr B.P.)	校正年代(cal yr B.P. 2σ)	備註
60	C-B26-5810	CTB-26	C3	-40.96	泥層	shell	7740 +/- 30	8,168~7,884	本計畫試驗成果
61	C-B26-8160	CTB-26	C3	-64.46	泥岩夾砂岩與礫岩	shell	> 43,500	> 43,500	
62	C-B26-8525	CTB-26	C3	-68.11	泥岩夾砂岩與礫岩	shell	> 43,500	> 43,500	
63	C-B27-4120	CTB-27	C3	-24.51	砂泥互層	wood	7320 +/- 30	8,181~8,031	
64	C-B28-14450	CTB-28	P6	-132.18	砂岩夾泥質砂岩及泥岩	shell	43110 +/- 750	46,202~43,626	
65	C-B29-770	CTB-29	P6	4.94	土壤層	organic sediment	14620 +/- 40	18,147~17,760	
66	C-B29-3690	CTB-29	P6	-24.26	砂泥互層	organic sediment	13400 +/- 40	16,287~15,986	
67	C-B29-13260	CTB-29	P6	-119.96	砂岩夾泥質砂岩及泥岩	wood	> 43,500	> 43,500	
68	C-B30-5142	CTB-30	P6	-38.69	泥層	wood	7240 +/- 30	8,170~7,972	
69	C-B30-9630	CTB-30	P6	-83.57	砂岩夾泥質砂岩及泥岩	wood	7200 +/- 30	8,159~7,938	
70	C-B31-2988	CTB-31	P6	-16.66	砂泥互層	plant material	6,340 +/- 30	7,324~7,166	
71	C-B31-8522	CTB-31	P6	-72.00	泥岩夾砂岩與礫岩	wood	> 43,500	> 43,500	
72	C-B32-1620	CTB-32	P6	0.42	砂泥互層	shell	5390 +/- 30	5,727~5,421	

項次	樣品編號	鑽孔編號	剖面	樣品高程(公尺)	地層	試驗材料	碳十四測定年代(yr B.P.)	校正年代(cal yr B.P. 2σ)	備註
73	Beta-582089	QTB-A1	P5	-16.96	砂泥互層	organic sediment	5,100 +/- 30	5,830~5,747	環評階段試驗成果
74	Beta-580046	QTB-A1	P5	-81.90	砂岩夾泥質砂岩及泥岩	charcoal	12,390 +/- 40	14,753~14,161	
75	Beta-582090	QTB-A2	P5	-28.60	砂泥互層	plant material	4,700 +/- 30	5,432~5,321	
76	Beta-582091	QTB-A2	P5	-63.24	砂岩夾泥質砂岩及泥岩	shell	9,790 +/- 30	10,738~10,381	
77	Beta-583541	QTB-A3	P5	9.32	中砂層	wood	4,190 +/- 30	4,766~4,616	
78	Beta-582092	QTB-A3	P5	-13.58	泥層	organic sediment	22,770 +/- 100	27,309~26,927	
79	Beta-582093	QTB-A4	P5	-0.14	砂泥互層	plant material	6,580 +/- 30	7,513~7,427	
80	Beta-582094	QTB-A4	P5	-58.04	泥岩夾砂岩與礫岩	charcoal	> 43,500	>43,500	
81	Beta-583542	QTB-A5	-	-30.79	泥層	organic sediment	31,620 +/- 180	36,314~35,497	
82	Beta-580047	QTB-A6	-	9.83	中砂層	wood	4,170 +/- 30	4,768~4,611	
83	Beta-580048	QTB-A6	-	-5.83	泥層	organic sediment	18,080 +/- 50	22,135~21,700	
84	Beta-580049	QTB-A6	-	-30.43	泥層	organic sediment	22,570 +/- 80	27,195~26,570	

(2) 超微化石鑑定

超微化石鑑定係依據地質鑽探剖面圖，由岩心內挑選合適地層之樣品送至實驗室進行鑑定。截至本階段報告，本計畫共完成 23 組超微化石鑑定，鑑定分析成果詳見表 3.3-9，各樣品之超微化石鑑定種屬表詳見表 3.3-10，主要指準化石年代分布表詳見表 3.3-11。茲依本計畫鑑定分析成果之超微化石帶由年輕至老依序說明如下。

A. NN19 化石帶

經化石鑑定分析屬 NN19 化石帶之樣品共 11 件，分別為樣品 N-B1-11915、N-B2-9416、N-B8-6545、N-B9-10905、N-B12-6349、N-B12-12785、N-B27-9670、N-B29-12875、N-B29-14265、N-B30-9693 及 N-B31-10085，此 11 件樣品內含主要指準化石 *Gephyrocapsa oceanica*、*Gephyrocapsa sp.*、*Gephyrocapsa (Mid form)* 與 *Pseudoemiliania lacunosa*。*Gephyrocapsa oceanica* 與 *Gephyrocapsa (Mid form)*之始現面為 NN19 下部；*Gephyrocapsa sp.* 富集於 NN19 至現代；*Pseudoemiliania lacunosa* 之存現為 NN15 起至 NN19 化石帶，因無更年輕之指準化石出現，由化石之共存年代將樣品歸類在 N19 化石帶內。

B. NN7~NN16 化石帶

鑑定分析屬 NN7~NN16 化石帶之樣品為 N-B4-6594，因樣品內僅可見化石 *Sphenolithus abies*，故僅可依據該化石分布年代判釋樣品年代介於 NN7~NN16 化石帶內。

C. NN15 化石帶

化石鑑定分析屬 NN15 化石帶之樣品為 N-B18-7763、N-B20-8155、N-B20-14950、N-B25-5364、N-B25-8560、N-B26-8165、N-B31-7235 以及 N-B31-13087，此 8 件樣品化石組合包含 *Pseudoemiliania lacunosa*、*Reticulofenestra pseudoumbilica*、*Sphenolithus neoabies*。前者之始現面為 NN15 下部，後兩者之末現面在 NN15 上部滅絕，因無更年輕之指準化石出現，因此將樣品歸類在 NN15 化石帶內。

D. NN12~NN15 化石帶

化石鑑定分析屬 NN12~NN15 化石帶之樣品為 N-B10-8305，此 9 件樣品化石組合包含 *Helicopontosphaera sellii* 與 *Reticulofenestra pseudoumbilica*。前者之始現面為 NN12 下部，後者之末現面在 NN15 上部滅絕，因無更年輕之指準化石出現，因此將樣品歸類在 NN12~NN15 化石帶內。

E. NN11 化石帶

鑑定分析屬 NN11 化石帶之樣品為 N-B23-8755 與 N-B24-8880，此 2 件樣品皆採集自岩盤之貫入泥層內，可代表貫入泥層之年代，其化石組合包含 *Discoaster quinqueramus* 與 *Discoaster neohamatus*。因 Discoaster *quinqueramus* 與 *Discoaster neohamtuus* 均為指準化石，前者存現為 NN11 化石帶，後者存現從 NN8 起至 NN11 化石帶，故依出現之化石存限年代，可將此 2 件樣品歸於 NN11 化石帶。

F. 小結

由超微化石鑑定之成果，可進一步將本區域之岩盤劃分為 2 層，其年代特性說明如下：

(A) 更新世岩盤，年代屬 NN19 化石帶，岩性以砂岩為主，偶夾泥質砂岩或泥岩；

(B) 上新世岩盤，年代屬 NN15 化石帶，岩性以泥岩為主，偶夾砂岩及礫岩；部分岩盤具貫入泥層，其來自於較老之 NN11 化石帶之中新世地層；靠近斷層帶之岩盤，局部受斷層擾動影響捲入較年輕之岩塊(如樣品 N-B31-10085)。

表 3.3-9 超微化石鑑定分析成果

項次	樣品編號	鑽孔編號	剖面	高程(公尺)	地層	主要指準化石	超微化石帶	地質年代
1	N-B1-11915	CTB-1	P1	-98.8	砂岩夾泥質砂岩及泥岩	*Gephyrocapsa oceanica, Pseudoemiliania lacunosa*	NN19	更新世
2	N-B2-9416	CTB-2	P1	-73.9	砂岩夾泥質砂岩及泥岩	*Gephyrocapsa oceanica, Pseudoemiliania lacunosa*	NN19	更新世
3	N-B4-6594	CTB-4	P1	-43.2	泥岩夾砂岩及礫岩	*Sphenolithus abies*	NN7~NN16	上新世~中新世
4	N-B8-6545	CTB-8	P2	-45.7	砂岩夾泥質砂岩及泥岩	*Gephyrocapsa (Mid form), Pseudoemiliania lacunosa*	NN19	更新世
5	N-B9-10905	CTB-9	P3	-89.5	砂岩夾泥質砂岩及泥岩	*Gephyrocapsa oceanica, Pseudoemiliania lacunosa*	NN19	更新世
6	N-B10-8305	CTB-10	P3	-62.6	泥岩夾砂岩及礫岩	*Helicopontosphaera sellii, Reticulofenestra pseudoumbilica*	NN12~NN15	上新世
7	N-B12-6349	CTB-12	P2	-43.9	砂岩夾泥質砂岩及泥岩	*Gephyrocapsa oceanica, Pseudoemiliania lacunosa*	NN19	更新世
8	N-B12-12785	CTB-12	P2	-108.3	砂岩夾泥質砂岩及泥岩	*Gephyrocapsa oceanica, Pseudoemiliania lacunosa*	NN19	更新世
9	N-B18-7763	CTB-18	P4	-50.5	泥岩夾砂岩及礫岩	*Pseudoemiliania lacunosa, Reticulofenestra pseudoumbilica*	NN15	上新世

項次	樣品編號	鑽孔編號	剖面	高程(公尺)	地層	主要指準化石	超微化石帶	地質年代
10	N-B20-8155	CTB-20	P4	-55.2	泥岩夾砂岩及礫岩	*Pseudoemiliania lacunosa, Reticulofenestra pseudoumbilica*	NN15	上新世
11	N-B20-14950	CTB-20	P4	-123.2	泥岩夾砂岩及礫岩	*Pseudoemiliania lacunosa, Reticulofenestra pseudoumbilica*	NN15	上新世
12	N-B23-8755	CTB-23	P5	-70.1	泥岩夾砂岩及礫岩	*Discoaster quinqueramus*	NN11	中新世
13	N-B24-8880	CTB-24	P5	-70.4	泥岩夾砂岩及礫岩	*Discoaster quinqueramus*	NN11	中新世
14	N-B25-5364	CTB-25	P5	-30.8	泥岩夾砂岩及礫岩	*Pseudoemiliania lacunosa, Reticulofenestra pseudoumbilica*	NN15	上新世
15	N-B25-8560	CTB-25	P5	-62.8	泥岩夾砂岩及礫岩	*Pseudoemiliania lacunosa, Reticulofenestra pseudoumbilica*	NN15	上新世
16	N-B26-8165	CTB-26	C3	-64.5	泥岩夾砂岩及礫岩	*Pseudoemiliania lacunosa, Reticulofenestra pseudoumbilica*	NN15	上新世
17	N-B27-9670	CTB-27	C3	-80.0	砂岩夾泥質砂岩及泥岩	*Gephyrocapsa (Mid form), Pseudoemiliania lacunosa*	NN19	更新世
18	N-B29-12875	CTB-29	P6	-116.1	砂岩夾泥質砂岩及泥岩	*Gephyrocapsa (Mid form), Pseudoemiliania lacunosa*	NN19	更新世
19	N-B29-14265	CTB-29	P6	-130.0	砂岩夾泥質砂岩及泥岩	*Gephyrocapsa (Mid form), Pseudoemiliania lacunosa*	NN19	更新世

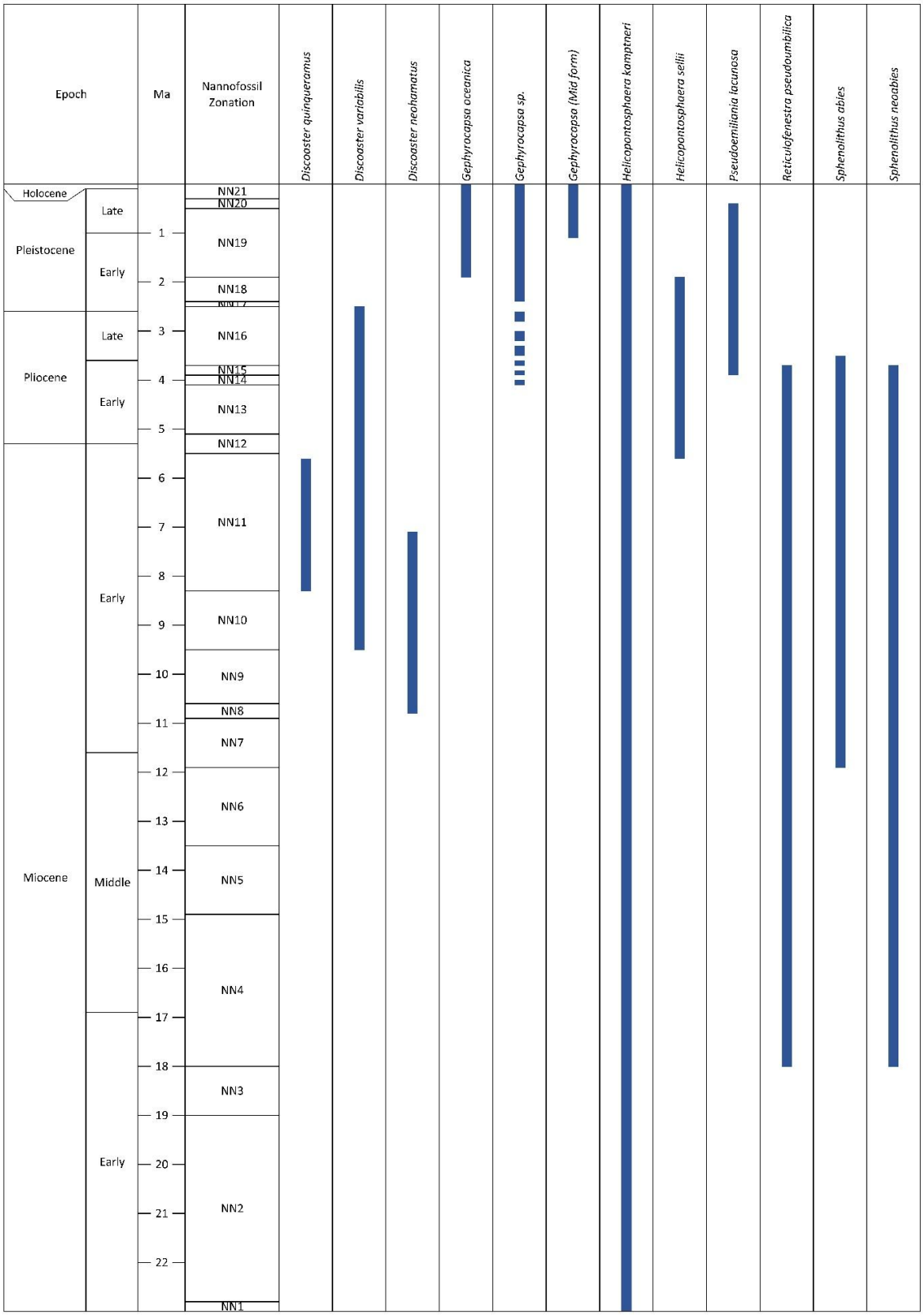
項次	樣品編號	鑽孔編號	剖面	高程 (公尺)	地層	主要指準化石	超微 化石帶	地質年代
20	N-B30-9693	CTB-30	P6	-84.2	砂岩夾泥質砂岩及泥岩	*Gephyrocapsa sp.,* *Pseudoemiliania lacunosa*	NN19	更新世
21	N-B31-7235	CTB-31	P6	-59.1	泥岩夾砂岩及礫岩	*Pseudoemiliania lacunosa,* *Sphenolithus neoabies*	NN15	上新世
22	N-B31-10085	CTB-31	P6	-87.6	泥岩夾砂岩及礫岩	*Gephyrocapsa (Mid form),* *Pseudoemiliania lacunosa*	NN19	更新世
23	N-B31-13087	CTB-31	P6	-117.6	泥岩夾砂岩及礫岩	*Pseudoemiliania lacunosa,* *Reticulofenestra pseudoumbilica*	NN15	上新世

表 3.3-10 超微化石鑑定種屬表

項次	超微化石種屬名稱 / 樣品編號	*Discoaster quinqueramus*	*Discoaster variabilis*	*Discoaster neohamatus*	*Gephyrocapsa oceanica*	*Gephyrocapsa sp.*	*Gephyrocapsa (Mid form)*	*Helicopontosphaera kamptneri*	*Helicopontosphaera sellii*	*Pseudoemiliania lacunosa*	*Reticulofenestra pseudoumbilica*	*Sphenolithus abies*	*Sphenolithus neoabies*
1	N-B1-11915				FR	FR				R		1	
2	N-B2-9416				FC	R		1	1	R		1	
3	N-B4-6594											1	
4	N-B8-6545					R	R	R	1	FR	FR	R	
5	N-B9-10905				FC	FR	F	VR		FR		1	
6	N-B10-8305	VR	1	1				VR	1		FR	VR	
7	N-B12-6349				FR	FR		3		FR	1	2	
8	N-B12-12785				FR	FR		2		FR	3	2	
9	N-B18-7763	R	1	2				R		R	FR	R	
10	N-B20-8155	1						2		2	R	R	R
11	N-B20-14950	VR						2	2	FR	R	2	1
12	N-B23-8755	R	R	VR				R			FR	C	
13	N-B24-8880	VR		VR				VR			FR	C	
14	N-B25-5364									2	3	FR	2
15	N-B25-8560							2		2	2	2(aff.)	1
16	N-B26-8165	VR	1			1		2	1	R	FR	R	3
17	N-B27-9670						VR	1		4	3	VR	
18	N-B29-12875					2	VR	1		R	R	VR	R
19	N-B29-14265					2	2			VR	1		2
20	N-B30-9693					1				2	2	4	
21	N-B31-7235		1				2	2		FR		1	1
22	N-B31-10085					2	3	R		R	FR	2	1
23	N-B31-13087	1	1	1				2		R	FC	2	1

說明：A：Abundant，幾乎每視野>10 個；C：Common，每視野約 1~10 個；F：Few，每 2~10 視野出現 1 次；FR：Few to Rare，每 5~20 視野出現 1 次；R：Rare，每 10~100 視野出現 1 次；VR：Very Rare，超過 100 視野才見 1 次；aff.：affinis，親近於、相關於

表 3.3-11 超微化石鑑定主要指準化石年代分布表



說明：整理修繪自 Nannotax3(http://www.mikrotax.org/Nannotax3)

5. 地質鑽探調查成果

依據地質鑽探完成之 32 孔鑽孔之岩心紀錄(各鑽孔分層紀錄描述說明詳見 3.3.2 節 2.地層分布與描述)，各鑽孔間由不同之岩性進行地層對比繪製地質剖面圖如圖 3.3-20 至圖 3.3-26 所示。主要之地質剖面由東而西依序為 P1 剖面至 P6 剖面，各剖面間相距 150~400 公尺不等(圖 3.3-8)，除 P2 剖面為接近南-北向外，其餘 5 處剖面方向約為西北-東南向；此外，成對鑽孔之剖面由東而西依序為 C1 至 C3 剖面，各別穿插於 P3 至 P6 剖面之間，茲彙整鑽探及試驗成果，依各剖面說明如下：

(1) P1 剖面

剖面走向約北偏西 19°，長度 600 公尺，最北之鑽孔 CTB-1 約位於敏感區北側邊界處，其餘鑽孔由北至南依序為鑽孔 CTB-1 至 CTB-5，其中最南之鑽孔 CTB-5 約位於超出敏感區南側約 100 公尺處，鑽孔深度由北至南分別為 200、100、100、80 與 70 公尺不等。

鑽探剖面成果顯示(圖 3.3-20)，分為沖積層與岩盤兩部分說明：

(a) 沖積層：由敏感區東南側至西北側來看，東南側之 CTB-5 與 CTB-4 層厚約 40 公尺，岩層大致水平，CTB-4 至 CTB-3 之沖積層層厚有向西北側增厚，且岩層有微斜趨勢，於 CTB-3 約 26.7 至 27.4 公尺可見剪切面存在；而 CTB-2 與 CTB-1 之層厚約 55 公尺左右，岩層大致水平。此外，由 6,000 年、8,000 年及 10,000 年等時線分布，CTB-1 至 CTB-2 及 CTB-4 至 CTB-5 皆大致水平，惟 CTB-2 至 CTB-4 之間等時線呈現向西北傾斜現象。因此，由 CTB-3 兩側之沖積層厚度差異、敏感區東南側有往西北側漸厚趨勢、等時線傾斜及 CBT-3 有剪切面出現，顯示此 CTB-3 與 CTB-2 之間可能受到構造影響。

(b) 岩盤：由岩性特性及超微化石鑑定成果來看，鑽孔 CTB-1 及 CTB-2 岩盤之岩性以砂岩夾泥質砂岩及泥岩為主，時代屬更新世岩盤(R1)，其中，CTB-1 層面傾角較緩，角度約 0~20°，而 CTB-2 具較陡之層面傾角，最大可達 60~70°；鑽孔

CTB-3、CTB-4 及 CTB-5 岩盤之岩性以泥岩夾砂岩及礫岩為主，時代屬上新世岩盤(R2)，其中，CTB-4、CTB-5 岩盤均具較陡之層面傾角，最大可達 60~70°。在剪切構造方面，雖本剖面鑽孔均可見剪切狀構造分布，惟又以靠近斷層帶之鑽孔 CTB-2 與 CTB-3 分布最為密集，岩盤多處具剪切紋理與數公分厚之灰黑色剪裂泥，剪切紋理與剪裂泥角度呈高角度 60~80°分布，顯示受主斷層擾動影響強烈。此外，以此兩岩盤面高程由敏感區最東南側 R2 岩盤約位於地下 17 公尺往最西北側 R1 岩盤逐漸變深至地下 37 公尺，顯示在敏感區中 CTB-2 及 CTB-3 間兩側之岩盤面高程具一定落差。

整體而言，由沖積層厚度、等時線變化、岩盤岩性與時代之差異、高程變化、鑽孔岩心傾角變化與剪切構造分布研判，車瓜林斷層於 P1 剖面通過鑽孔 CTB-1 與 CTB-2 之間，由岩盤面高程與鑽孔距離推估，斷層面傾角約 50~80°，斷面朝東南傾斜。

(2) P2 剖面

剖面走向約北偏西 3°，長度 600 公尺，最北之鑽孔 CTB-12 位於敏感區北側邊界處，其餘鑽孔由北至南依序為鑽孔 CTB-8、CTB-6 與 CTB-7，其中最南之鑽孔 CTB-7 位於敏感區內，離南側邊界約 170 公尺，鑽孔深度由北至南分別為 140、100、150 與 100 公尺不等。

鑽探剖面成果顯示(圖 3.3-21)，分為沖積層與岩盤兩部分說明：

(a) 沖積層：由敏感區東南側至西北側來看，東南側之 CTB-7、CTB-6 至 CTB-8 之沖積層層厚有向西北側增厚，且岩層有微斜趨勢，於 CTB-6 約 30 至 40 公尺可見剪切面及公分級錯動之正斷層；而 CTB-8 與 CTB-12 之層厚約 53 至 54 公尺左右，岩層大致水平。此外，由 6,000 年、8,000 年及 10,000 年等時線分布，CTB8 至 CTB-12 皆大致水平，惟 CTB-7 至 CTB-8 之間等時線呈現向西北傾斜現象。因此，由 CTB-6 兩

側之沖積層厚度差異、敏感區東南側有往西北側漸厚趨勢、等時線傾斜及 CBT-6 有剪切面出現，顯示此 CTB-6 與 CTB-8 之間可能受到構造影響。

(b) 岩盤：由岩性特性及超微化石鑑定成果來看，鑽孔 CTB-12、CTB-8 岩盤之岩性以砂岩夾泥質砂岩及泥岩為主，時代屬更新世岩盤(R1) ，其中，CTB-8 岩盤均具較陡之層面傾角，最大可達 55~70°；鑽孔 CTB-7 及 CTB-6 岩盤之岩性以泥岩夾砂岩及礫岩為主，時代屬上新世岩盤(R2)，其中，CTB-6、CTB-7 岩盤均具較陡之層面傾角，最大可達 55~70°。在剪切構造方面，雖本剖面鑽孔均可見剪切狀構造分布，惟又以靠近斷層帶之鑽孔 CTB8、CTB-6 與 CTB-7 分布最為密集，岩盤多處受強烈剪切作用，大量密集網絡狀之剪切紋理及數十公分厚之黑色剪裂泥分布，剪切面角度約 55~80°，局部可見受剪磨之岩塊碎屑填充裂隙，顯示受斷層擾動影響強烈。此外，以此兩岩盤面高程由敏感區最東南側 R2 岩盤約位於地下 23 公尺往最西北側 R1 岩盤逐漸變深至地下 36 公尺，顯示在敏感區中 CTB-6 及 CTB-8 間兩側之岩盤面高程具一定落差。

整體而言，由沖積層厚度、等時線變化、岩盤岩性與時代之差異、高程變化、鑽孔岩心傾角變化與剪切構造分布研判，車瓜林斷層於 P2 剖面通過鑽孔 CTB-6 與 CTB-8 之間，由岩盤面高程與鑽孔距離推估，斷層面傾角約 60~80°，斷面朝東南傾斜。

(3) P3 剖面

剖面走向約北偏西 25°，長度 500 公尺，最北之鑽孔 CTB-9 約為於敏感區北側邊界，其餘鑽孔由北至南依序為鑽孔 CTB-10、CTB-11 與 CTB-13，鑽孔 CTB-13 則約位於超出敏感區南側 50 公尺處。各鑽孔深度，鑽孔深度由北至南分別為 150、100、100 與 60 公尺不等。

鑽探剖面成果顯示(圖 3.3-22)，分為沖積層與岩盤兩部分說明：

(a) 沖積層：由敏感區東南側至西北側來看，東南側之 CTB-13 與 CTB-11 層厚約 50 公尺，岩層大致水平，CTB-11 至 CTB-10 之沖積層層厚有向西北側增厚，且岩層有微斜趨勢；而 CTB-9 之層厚約 62 公尺左右。此外，由 6,000 年、8,000 年及 10,000 年等時線分布，CTB-13 至 CTB-11 大致水平，惟 CTB-11 至 CTB-9 之間等時線呈現向西北傾斜現象。因此，由 CTB-10 兩側之沖積層厚度差異、敏感區東南側有往西北側漸厚趨勢及等時線傾斜，顯示此 CTB-10 與 CTB-9 之間可能受到構造影響。

(b) 岩盤：由岩性特性及超微化石鑑定成果來看，鑽孔 CTB-9 岩盤之岩性以砂岩夾泥質砂岩及泥岩為主，時代屬更新世岩盤(R1) ，其中，CTB-9 岩盤均具較陡之層面傾角，最大可達 50~70°；鑽孔 CTB-10、CTB-11 及 CTB-13 岩盤之岩性以泥岩夾砂岩及礫岩為主，時代屬上新世岩盤(R2)，其中，CTB-11 岩盤均具較陡之層面傾角，最大可達 40°。在剪切構造方面，雖本剖面鑽孔均可見剪切狀構造分布，惟又以靠近斷層帶之鑽孔 CTB9、CTB-10 與 CTB-11 之岩盤均可見高角度剪切紋理分布，組構大致破壞，層理不明顯，呈現團塊狀，剪切面角度凌亂，約呈 50~80°分布；在遠離斷層之鑽孔 CTB-13 則無剪切構造，顯示未受斷層影響。此外，以此兩岩盤面高程由敏感區最東南側 R2 岩盤約位於地下 18 公尺往最西北側 R1 岩盤逐漸變深至地下 43 公尺，顯示在敏感區中 CTB-10 及 CTB-9 間兩側之岩盤面高程具一定落差。

整體而言，由沖積層厚度、等時線變化、岩盤岩性與時代之差異、高程變化、鑽孔岩心傾角變化與剪切構造分布研判，車瓜林斷層於 P3 剖面通過鑽孔 CTB-9 與 CTB-10 之間，由岩盤面高程與鑽孔距離推估，斷層面傾角至少大於 55°，斷面朝東南傾斜。

(4) P4 剖面

剖面走向約北偏西 27°，長度 500 公尺，最北之鑽孔 CTB-16 約位於超出敏感區北側 70 公尺處，其餘鑽孔由北至南依序為鑽孔 CTB-16、CTB-17、CTB-20、CTB-18 與 CTB-19，鑽孔 CTB-19 則約為於敏感區南側邊界。各鑽孔深度以位於剖面中央之鑽孔 CTB-20 為 150 公尺為最深，位於下盤之兩鑽孔 CTB-16 與 CTB-17 均為 100 公尺次之，上盤鑽孔 CTB-18 與 CTB-19 分別為 80 與 72 公尺。

鑽探剖面成果顯示(圖 3.3-23)，分為沖積層與岩盤兩部分說明：

(a) 沖積層：由敏感區東南側至西北側來看，東南側之 CTB-19 層厚約 51 公尺，CTB-19 至 CTB-18 之沖積層層厚有向西北側增厚，且岩層有微斜趨勢，於 CTB-19、 CTB-18 及 CTB-20 於約 20 至 50 公尺可見泥貫入發達，導致岩層層厚可能因此增厚，進而影響斷層位置評估，另於 CTB-20 沖積層可見剪切面存在；而 CTB-18、CTB-20、CTB-17 與 CTB-16 之層厚約 70 公尺漸緩至 82 公尺。此外，由 6,000 年、8,000 年及 10,000 年等時線分布，CTB-19 至 CTB-20 時線呈現向西北傾斜現象。因此，由 CTB-20 兩側之沖積層厚度差異、敏感區東南側有往西北側漸厚趨勢、等時線傾斜及 CBT-20 有剪切面出現，顯示此 CTB-20 與 CTB-17 之間可能受到構造影響。

(b) 岩盤：由岩性特性及超微化石鑑定成果來看，鑽孔 CTB-16 及 CTB-17 岩盤之岩性以砂岩夾泥質砂岩及泥岩為主，時代屬更新世岩盤(R1)；鑽孔 CTB-20、CTB-18 及 CTB-19 岩盤之岩性以泥岩夾砂岩及礫岩為主，時代屬上新世岩盤(R2)，其中，鑽孔 CTB-20 岩盤層面傾角較陡且紊亂，整體約 40~70°之間，其 R2 岩盤間夾 R1 岩盤，而在較遠離斷層帶之鑽孔 CTB-18 層面傾角較緩，角度約 5~15°之間。在剪切構造方面，上盤鑽孔 CTB-20、CTB-18 與 CTB-19 均可見受剪切之泥岩，部份岩心段可見剪切紋理或是剪裂泥分布。其

中，又以靠近斷層帶鑽孔 CTB-20 之剪切構造最為密集，岩盤較為破碎，多處具剪切紋理分布呈網脈狀，間夾深灰色剪裂泥。剪切紋理與剪裂泥角度紊亂，大抵呈 45~80°分布，局部可見受剪磨之岩塊碎屑填充裂隙，顯示受斷層擾動影響強烈。此外，以此兩岩盤面高程由敏感區最東南側 R2 岩盤約位於地下 24 公尺往最西北側 R1 岩盤逐漸變深至地下 60 公尺，顯示在敏感區中 CTB-17 及 CTB-20 間兩側之岩盤面高程具一定落差。

整體而言，由沖積層厚度、等時線變化、岩盤岩性與時代之差異、高程變化、鑽孔岩心傾角變化與剪切構造分布研判，由於本剖面 CTB-19、CTB-18 及 CTB-20 沖積層受到泥貫入影響，造成層厚有所差異，然以岩盤差異等條件評估車瓜林斷層於 P4 剖面通過鑽孔 CTB-17 與 CTB-20 之間，由岩盤面高程與鑽孔距離推估，斷層面傾角至少大於 40°，斷面朝東南傾斜。

(5) P5 剖面

剖面走向約北偏西 23°，長度 700 公尺，包含環評階段與本計畫之鑽孔共 7 孔，最北之鑽孔 QTB-A1 約位於鑽孔 QTB-A1、QTB-A2、CTB-23、CTB-24、QTB-A3、CTB-25 與 QTB-A4，其中鑽孔 ATB-A4 約位於超出敏感區南側約 135 公尺處，深度除鑽孔 CTB-24 為 150 公尺外，其餘鑽孔深度皆為 100 公尺。

鑽探剖面成果顯示(圖 3.3-24)，分為沖積層與岩盤兩部分說明：

(a) 沖積層：由敏感區東南側至西北側來看，東南側之 QTB-A4、CTB-25 及 QTB-A3 層厚約 50 公尺，岩層大致水平；QTB-A3、CTB-24 至 CTB-23 之沖積層層厚有向西北側增厚，且岩層有微斜趨；而 QTB-A1 及 QTB-A2 之層厚約 70 公尺，岩層大致水平。此外，由 6,000 年、8,000 年及 10,000 年等時線分布，QTB-A3 至 QTB-A2 之間等時線呈現向西北傾斜現象。因此，由 CTB-23 兩側之沖積層厚度差異、敏感區

東南側有往西北側漸厚趨勢及等時線傾斜，顯示此 QTB-A2 與 CTB-23 之間可能受到構造影響。

(b) 岩盤：由岩性特性及超微化石鑑定成果來看，鑽孔 QTB-A1 及 QTB-A2 岩盤之岩性以砂岩夾泥質砂岩及泥岩為主，時代屬更新世岩盤(R1)；鑽孔 CTB-23、CTB-24、QTB-A3、CTB-25 與 QTB-A4 岩盤之岩性以泥岩夾砂岩及礫岩為主，時代屬上新世岩盤(R2)，其中，CTB-23、CTB-24 與 QTB-A3 之泥岩未量測到層面傾角，鑽孔 CTB-25 與 QTB-A4 之砂岩層面傾角約在 40~50°之間。在剪切構造方面，在鑽孔 QTB-A2 與上盤鑽孔岩盤之岩心均可見剪切紋理、網狀構造及剪裂泥等剪切構造之分布，其中又以靠近斷層帶之鑽孔 CTB-23 與 CTB-24 之剪切構造發育密集，岩盤多處具網脈狀之剪切紋理與深黑色剪裂泥，剪切面角度紊亂不一，呈約 45~80°分布，多處可見厚度達公尺級之剪裂泥分布並夾雜受剪磨岩碎，顯示近斷層處之岩盤受到強烈剪切擾動。此外，以此兩岩盤面高程由敏感區最東南側 R2 岩盤約位於地下 28 公尺往最西北側 R1 岩盤逐漸變深至地下 57 公尺，顯示在敏感區中 CTB-23 及 QTA-A2 間兩側之岩盤面高程具一定落差。

整體而言，由岩盤岩性與年代之差異、高程變化、鑽孔岩心傾角變化與剪切構造分布研判，車瓜林斷層於 P5 剖面通過鑽孔 QTB-A2 與 QTB-23 之間。雖上盤鑽孔 CTB-23 至 QTB-A4 均具剪切構造分布，顯示岩盤皆曾經受到斷層帶擾動影響，惟岩盤面高程變化由東南側鑽孔 QTB-A4 延伸至 QTB-A3 大致平整，故研判在鑽孔 QTB-A4 至 QTB-A3 範圍內之剪切構造應屬較老之構造活動所致，車瓜林斷層近期上盤之斷層帶影響範圍應介於具岩盤面高程變化之鑽孔 QTB-A2 至 QTB-A3 內。由岩盤面高程與鑽孔距離推估，斷層面傾角至少大於 35°，斷面朝東南傾斜。

(6) P6 剖面

剖面走向約北偏西 19°，長度 500 公尺，最北之鑽孔 CTB-28 約位於敏感區北側邊界處，其餘鑽孔由北至南依序為鑽孔 CTB-28 至 CTB-32，其中最南之鑽孔 CTB-32 約位於超出敏感區南側約 30 公尺處，鑽孔深度由北至南分別為 150、150、120、136 與 52 公尺不等。

鑽探剖面成果顯示(圖 3.3-25)，分為沖積層與岩盤兩部分說明：

(a) 沖積層：由敏感區東南側至西北側來看，東南側之 CTB-32 層厚約 40 公尺，向西北側之 CTB-28 層厚約 77 公尺，整體之沖積層層厚有向西北側增厚，且岩層有微斜趨勢，惟 CTB-32 至 CTB-31 並無鑽孔控制，岩層厚度應在此兩孔間改變，而在 CTB-31 至 CTB-30 之間，層厚之斜率有變緩趨勢。此外，由 6,000 年、8,000 年及 10,000 年等時線分布，整體之等時線呈現向西北傾斜現象。因此，由 CTB-23 兩側之沖積層厚度差異、敏感區東南側有往西北側漸厚趨勢及等時線傾斜，顯示此 CTB-31 與 CTB-30 之間可能受到構造影響。

(b) 岩盤：由岩性特性及超微化石鑑定成果來看，鑽孔 CTB-28、CTB-29 及 CTB-30 岩盤之岩性以砂岩夾泥質砂岩及泥岩為主，時代屬更新世岩盤(R1)，其中，鑽孔 CTB-29 至 CTB-31 岩盤具較陡之層面傾角，整體約 35~40°之間；鑽孔 CTB-31 及 CTB-32 岩盤之岩性以泥岩夾砂岩及礫岩為主，時代屬上新世岩盤(R2)，其中，鑽孔 CTB-32 層面傾角較緩，角度約 0~10°。在剪切構造方面，在靠近斷層帶之鑽孔 CTB-31 岩盤可見大量剪切紋理或剪裂泥之分布，其中又以下段之泥岩受強烈剪切作用，剪裂泥與剪裂面發達，含層厚公尺級之剪裂泥或密集網絡狀之剪切紋理分布，剪切面角度則約 55~80°。另一方面，在剖面東南側較遠離斷層帶之鑽孔 CTB-32 之岩盤則大致完整，幾乎無剪切紋理之分布。此外，以此兩岩盤面高程由敏感區最東南側 R2 岩盤約位於地下 25 公尺往最西北側 R1 岩盤逐漸變深至地下 64 公尺，顯示在敏

感區中CTB-30及CTB-31間兩側之岩盤面高程具一定落差。

整體而言，由岩盤岩性與年代之差異、高程變化、鑽孔岩心傾角變化與剪切構造分布研判，車瓜林斷層於 P6 剖面通過鑽孔 CTB-30 與 CTB-31 之間。鑽孔 CTB-30 至 CTB-31 均具剪切構造分布，顯示鑽孔皆位於斷層帶影響範圍內，其中又以鑽孔 CTB-31 岩盤之剪裂泥與剪裂面最為發達，研判為靠近斷層帶主要破裂面所致。由岩盤面高程與鑽孔距離推估，斷層面傾角介於 60~80°，斷面朝東南傾斜。

(7) C1 剖面

剖面包含鑽孔 CTB-14 與 CTB-15 共兩孔，走向約北偏西 43°，長度 150 公尺。北側鑽孔為 CTB-15，南側鑽孔為 CTB-14，兩孔相距 66 公尺，深度均為 100 公尺。

鑽探剖面成果顯示(圖 3.3-26)，兩鑽孔之岩盤面高程為東南側較高、西北側較低，高程差約 8 公尺。由岩性對比超微化石鑑定成果顯示，鑽孔 CTB-15 岩盤岩性以砂岩為主偶夾泥岩，年代應屬更新世岩盤(R1)；鑽孔 CTB-14 岩盤岩性則為泥岩，年代應屬上新世岩盤(R2)，兩鑽孔岩盤岩性及年代不連續無法對比，車瓜林斷層即通過鑽孔 CTB-15 與 CTB-14 之間，且斷層面傾角至少大於 30°。此外，剪切構造在上、下盤鑽孔均可見少量分布，角度約 60~80°，而下盤鑽孔 CTB-15 層面傾角較緩，角度約 0~20°，應受斷層影響程度較低。

綜上所述，車瓜林斷層於 C1 剖面通過鑽孔 CTB-15 與 CTB-14 之間，且主要影響範圍僅包含鑽孔 CTB-14。

(8) C2 剖面

剖面包含鑽孔 CTB-21 與 CTB-22 共兩孔，走向約北偏西 44°，長度 100 公尺。北側鑽孔為 CTB-22，南側鑽孔為 CTB-21，兩孔相距 20 公尺，深度各別為 100 與 90 公尺。

鑽探剖面成果顯示(圖 3.3-26)，兩鑽孔之岩盤面高程相近，差異不到 1 公尺。此外，岩性對比超微化石鑑定成果顯示，鑽孔 CTB-

22 岩盤岩性為砂質泥岩夾砂岩，年代應屬更新世岩盤(R1)；鑽孔 CTB-21 岩盤岩性則為泥岩，年代應屬上新世岩盤(R2)，由兩鑽孔岩盤岩性及年代不連續無法對比，車瓜林斷層即通過鑽孔 CTB-22 與 CTB-21 之間，且斷層面傾角至少大於 20°。此外，在上、下盤鑽孔岩盤均可見大量剪切紋理與斷層泥分布，角度約 55~80°，顯示本剖面之鑽孔均受斷層影響。

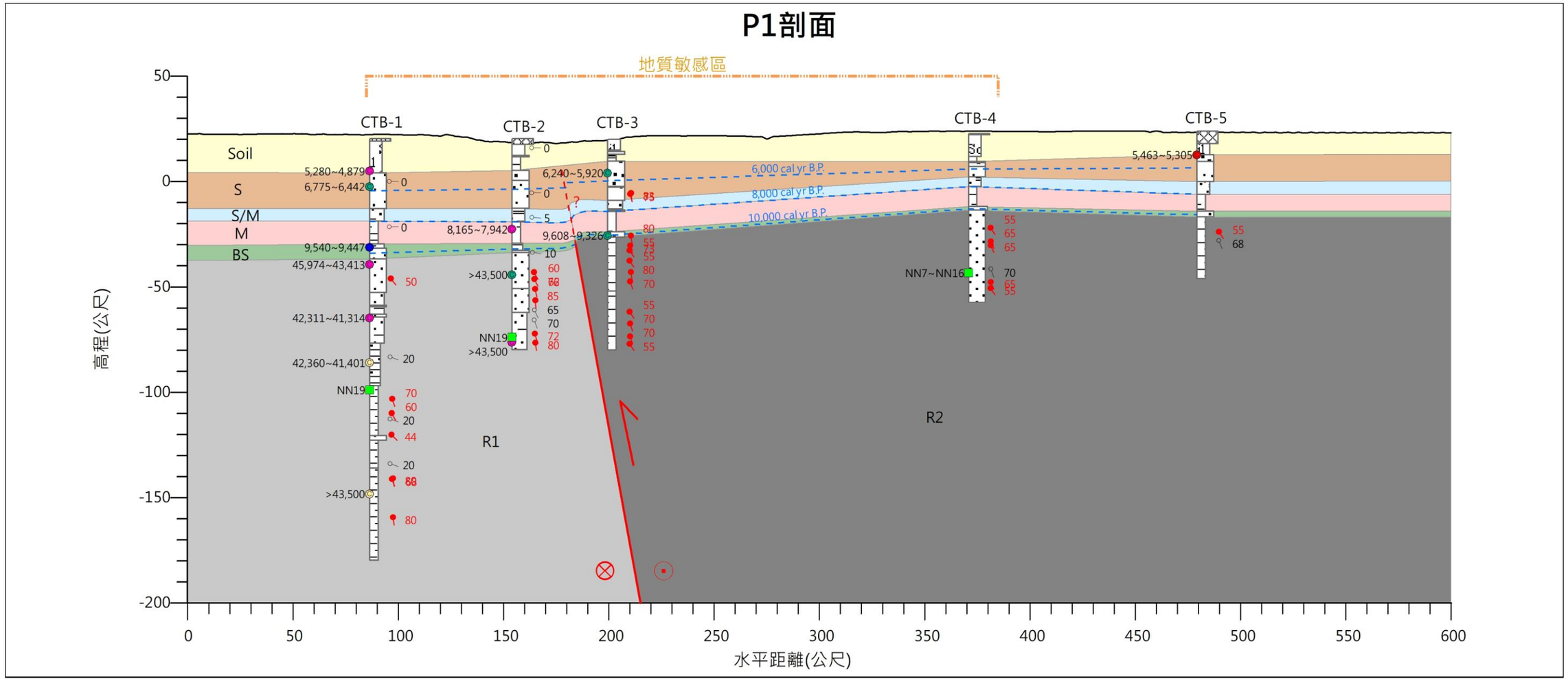
綜上所述，車瓜林斷層於 C2 剖面通過鑽孔 CTB-22 與 CTB-21 之間，且此兩鑽孔均為斷層主要影響範圍。

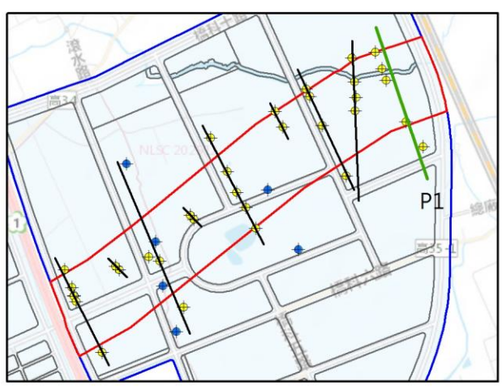
(9) C3 剖面

剖面包含鑽孔 CTB-26 與 CTB-27 共兩孔，走向約北偏西 45°，長度 100 公尺。北側鑽孔為 CTB-27，南側鑽孔為 CTB-26，兩孔相距 19 公尺，深度皆為 100 公尺。

鑽探剖面成果顯示(圖 3.3-26)，兩鑽孔之岩盤面高程相近，差異不到 1 公尺。此外，岩性對比超微化石鑑定成果顯示，鑽孔 CTB-27 岩盤岩性為砂岩與泥岩互層，年代應屬更新世岩盤(R1)；鑽孔 CTB-26 岩盤岩性則為泥岩，年代應屬上新世岩盤(R2)，由兩鑽孔岩盤岩性及年代不連續無法對比，車瓜林斷層即通過鑽孔 CTB-27 與 CTB-26 之間，且斷層面傾角至少大於 56°。此外，在上、下盤鑽孔岩盤層面均呈高角度分布約 45~60°，且在上盤鑽孔 CTB-26 亦可見大量剪切紋理與斷層泥分布，角度約 45~80°，顯示本剖面之鑽孔均受斷層影響。

綜上所述，車瓜林斷層於 C3 剖面通過鑽孔 CTB-26 與 CTB-27 之間，且此兩鑽孔均為斷層主要影響範圍。





層面(數字表示傾角)
剪切面(數字表示傾角)
等時線
車瓜林斷層
地質敏感區範圍

岩性柱狀圖

土壤 | 粗砂 | 砂岩
泥 | 中砂 | 泥質砂岩
有機質泥 | 細砂 | 砂質泥岩
砂泥互層 | 粉砂質砂
填方 | 泥質砂
礫質砂 | 砂質泥

地層

全新世	Soil	土壤層
	S	中砂層
	S/M	砂泥互層
	M	泥層
	BS	生物碎屑砂層
更新世	R1	砂岩夾泥質砂岩及泥岩
上新世	R2	泥岩夾砂岩及礫岩

碳十四定年

charcoal
organic sediment
plant material
shell
wood

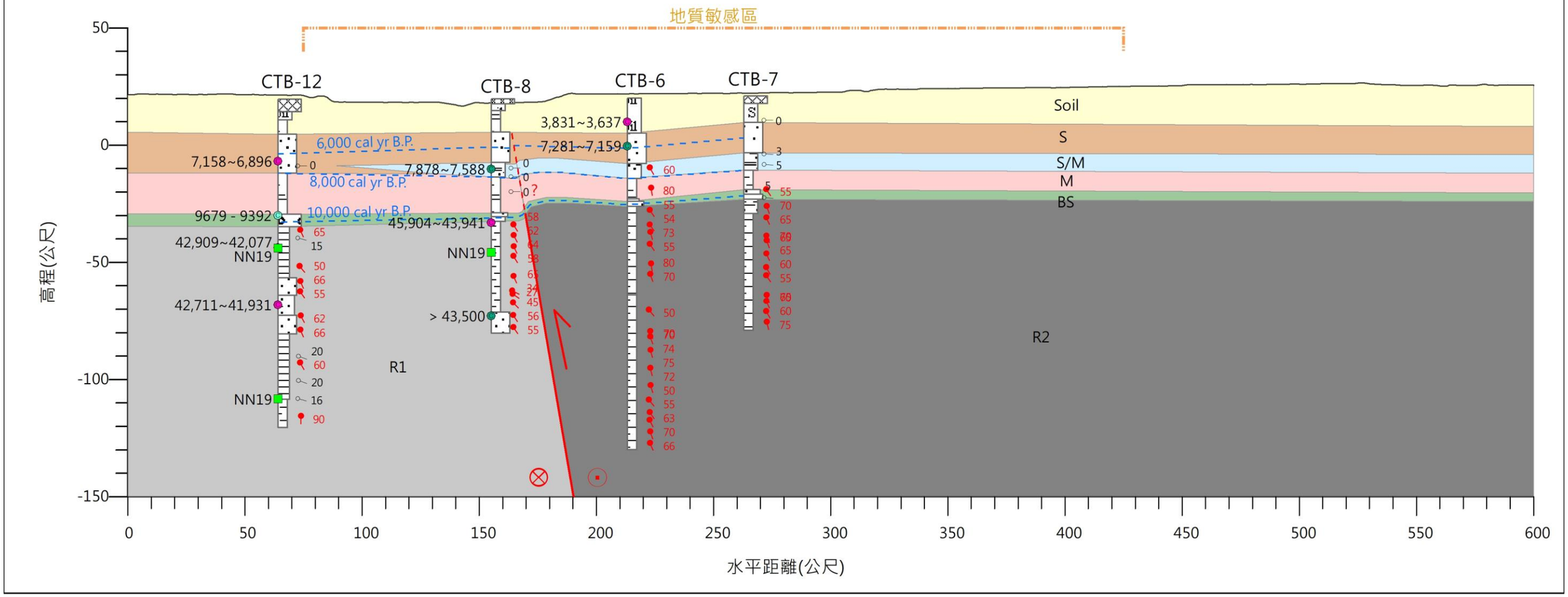
化石鑑定

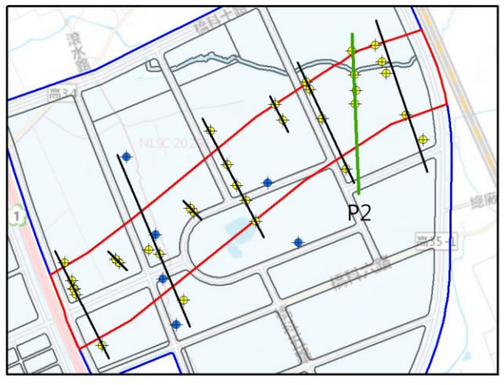
超微化石

剖面圖比例尺為1/2,000

圖 3.3-20 細部調查地質鑽探 P1 剖面圖

P2剖面





層面(數字表示傾角)
剪切面(數字表示傾角)
等時線
車瓜林斷層
地質敏感區範圍

岩性柱狀圖

土壤
礫石及珊瑚礁岩塊
泥
砂泥互層
填方
細砂
泥質砂
砂質粉砂
砂質泥
砂岩
泥岩
泥質砂岩
砂泥岩互層
砂質泥岩

剖面圖比例尺為1/1,800

地層

全新世	Soil	土壤層
	S	中砂層
	S/M	砂泥互層
	M	泥層
	BS	生物碎屑砂層
更新世	R1	砂岩夾泥質砂岩及泥岩
上新世	R2	泥岩夾砂岩及礫岩

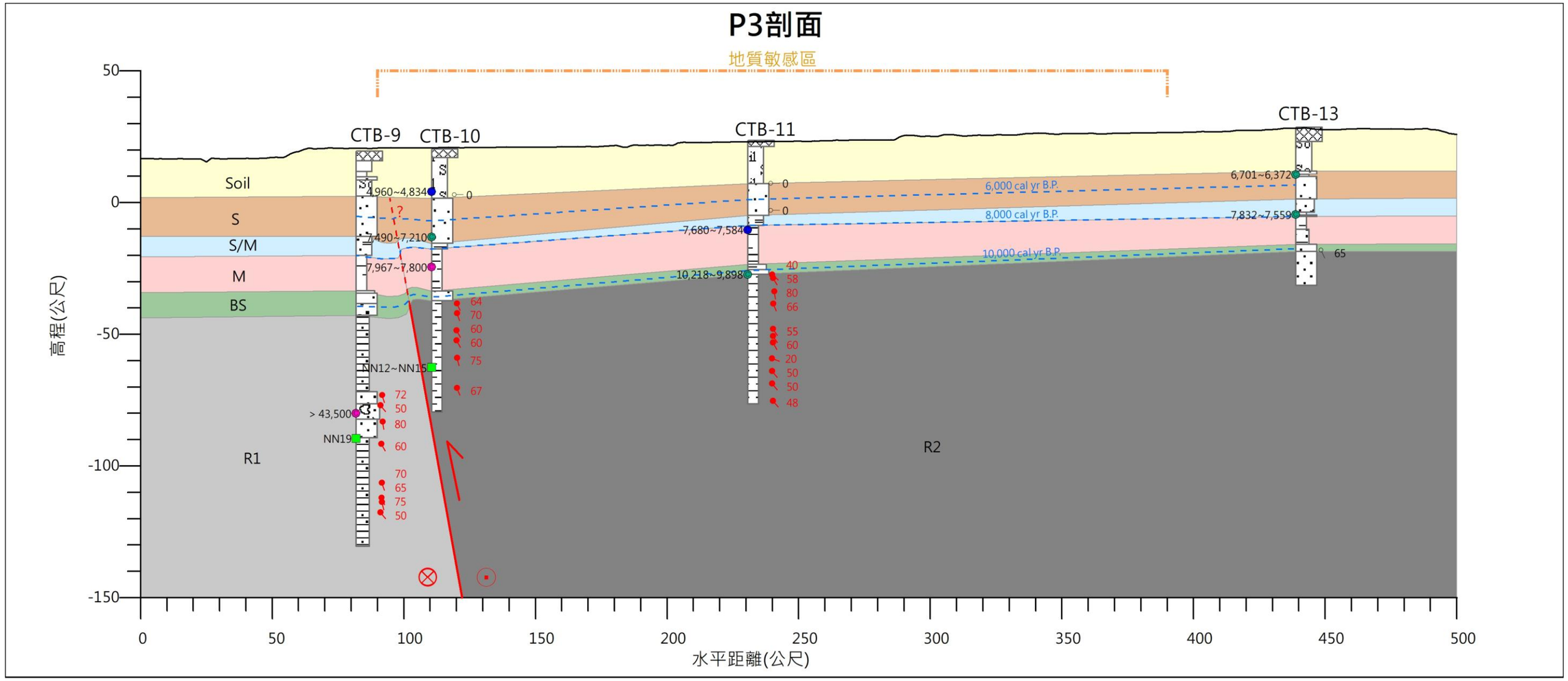
碳十四定年

- charcoal
- coral
- organic sediment
- plant material
- shell
- wood

化石鑑定

- 超微化石

圖 3.3-21 細部調查地質鑽探 P2 剖面圖





層面(數字表示傾角)
剪切面(數字表示傾角)
等時線
車瓜林斷層
地質敏感區範圍

岩性柱狀圖

土壤
泥
砂泥互層
填方
中砂
細砂
粉砂質砂
泥質砂
砂質泥
砂岩
砂岩夾礫
泥岩
砂質泥岩

地層

全新世
Soil 土壤層
S 中砂層
S/M 砂泥互層
M 泥層
BS 生物碎屑砂層
更新世
R1 砂岩夾泥質砂岩及泥岩
上新世
R2 泥岩夾砂岩及礫岩

碳十四定年

charcoal
plant material
shell

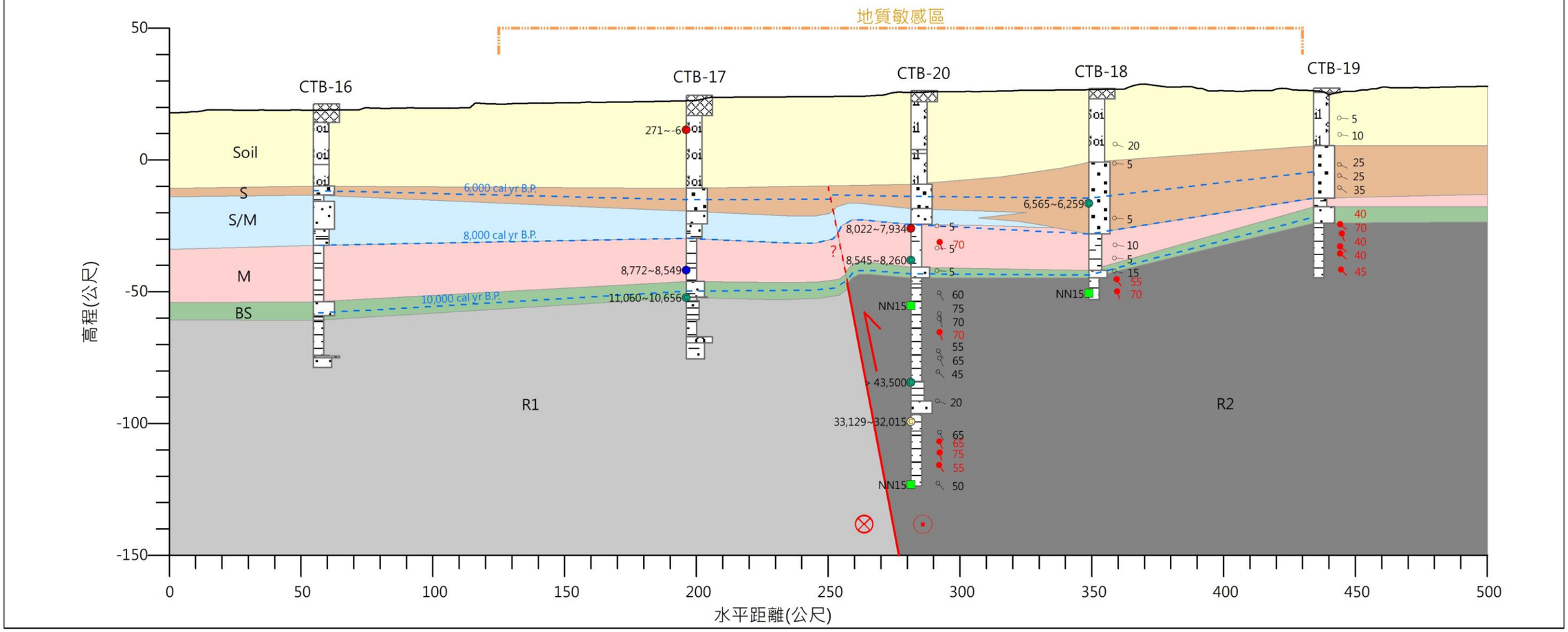
化石鑑定

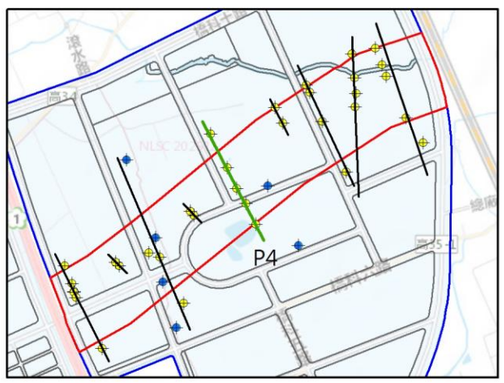
超微化石

剖面圖比例尺為1/1,600

圖 3.3-22 細部調查地質鑽探 P3 剖面圖

P4剖面





層面(數字表示傾角)
剪切面(數字表示傾角)
等時線
車瓜林斷層
地質敏感區範圍

岩性柱狀圖

土壤 / 細砂 / 泥岩
泥 / 泥質砂 / 粉砂岩
砂泥互層 / 粉砂質泥 / 泥質砂岩
填方 / 礫岩 / 砂質泥岩
中砂 / 砂岩

剖面圖比例尺為1/1,600

地層

全新世	Soil	土壤層
	S	中砂層
	S/M	砂泥互層
	M	泥層
	BS	生物碎屑砂層
更新世	R1	砂岩夾泥質砂岩及泥岩
上新世	R2	泥岩夾砂岩及礫岩

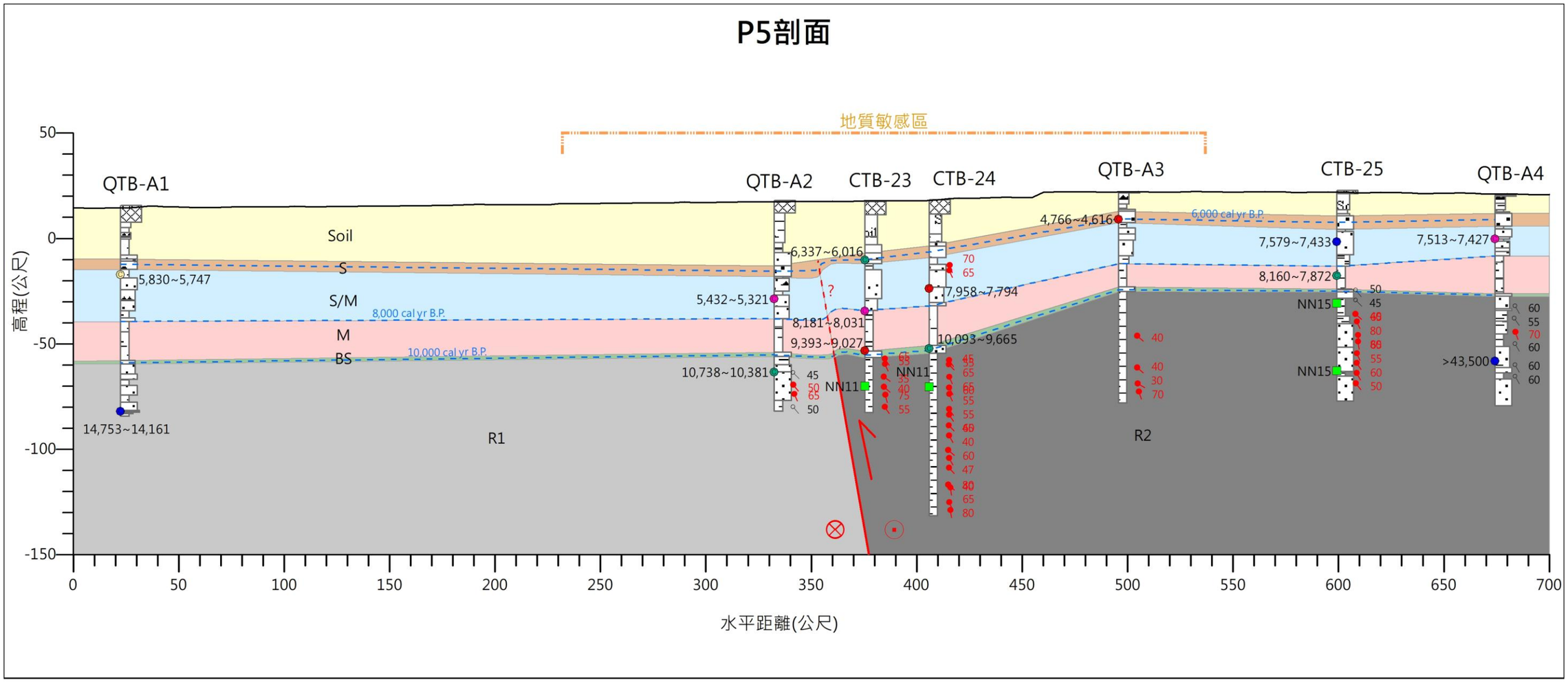
碳十四定年

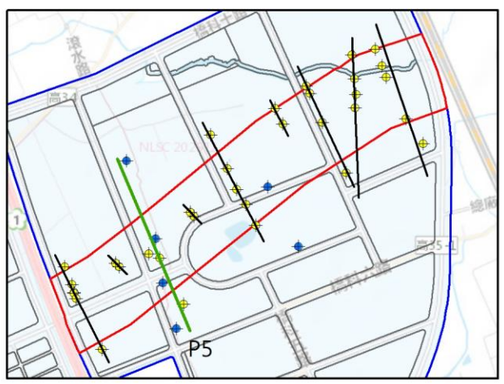
- charcoal
- organic sediment
- shell
- wood

化石鑑定

- 超微化石

圖 3.3-23 細部調查地質鑽探 P4 剖面圖





剖面圖比例尺為1/2,000

層面(數字表示傾角)
剪切面(數字表示傾角)
等時線
車瓜林斷層
地質敏感區範圍

岩性柱狀圖

土壤 / 泥 / 砂泥互層 / 填方 / 粗砂 / 中砂
細砂 / 粉砂質砂 / 泥質砂 / 砂質泥 / 粉砂質泥 / 砂岩
砂岩夾礫 / 泥岩 / 粉砂岩 / 泥質砂岩 / 砂泥岩互層

地層

全新世	Soil	土壤層
	S	中砂層
	S/M	砂泥互層
	M	泥層
	BS	生物碎屑砂層
更新世	R1	砂岩夾泥質砂岩及泥岩
上新世	R2	泥岩夾砂岩及礫岩

碳十四定年

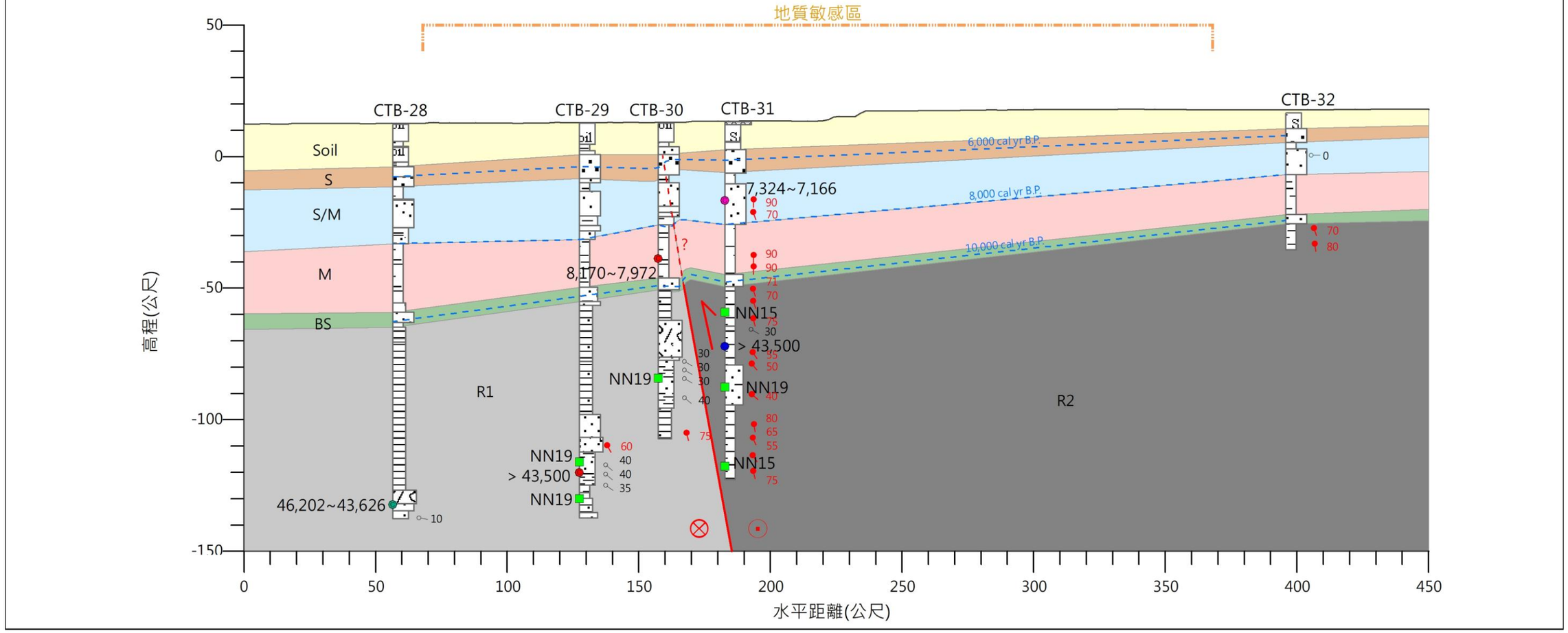
- charcoal
- organic sediment
- plant material
- shell
- wood

化石鑑定

- 超微化石

圖 3.3-24 細部調查地質鑽探 P5 剖面圖

P6剖面





層面(數字表示傾角)
剪切面(數字表示傾角)
等時線
車瓜林斷層
地質敏感區範圍

岩性柱狀圖

土壤 | 中砂 | 砂岩夾礫
泥 | 細砂 | 泥岩
有機質泥 | 泥質砂 | 泥質砂岩
砂泥互層 | 砂質泥 | 砂泥岩互層
填方 | 砂岩 | 砂質泥岩

地層

全新世: Soil 土壤層; S 中砂層; S/M 砂泥互層; M 泥層; BS 生物碎屑砂層
更新世: R1 砂岩夾泥質砂岩及泥岩
上新世: R2 泥岩夾砂岩及礫岩

碳十四定年

charcoal
plant material
shell
wood

化石鑑定

超微化石

剖面圖比例尺為1/1,600

圖 3.3-25 細部調查地質鑽探 P6 剖面圖

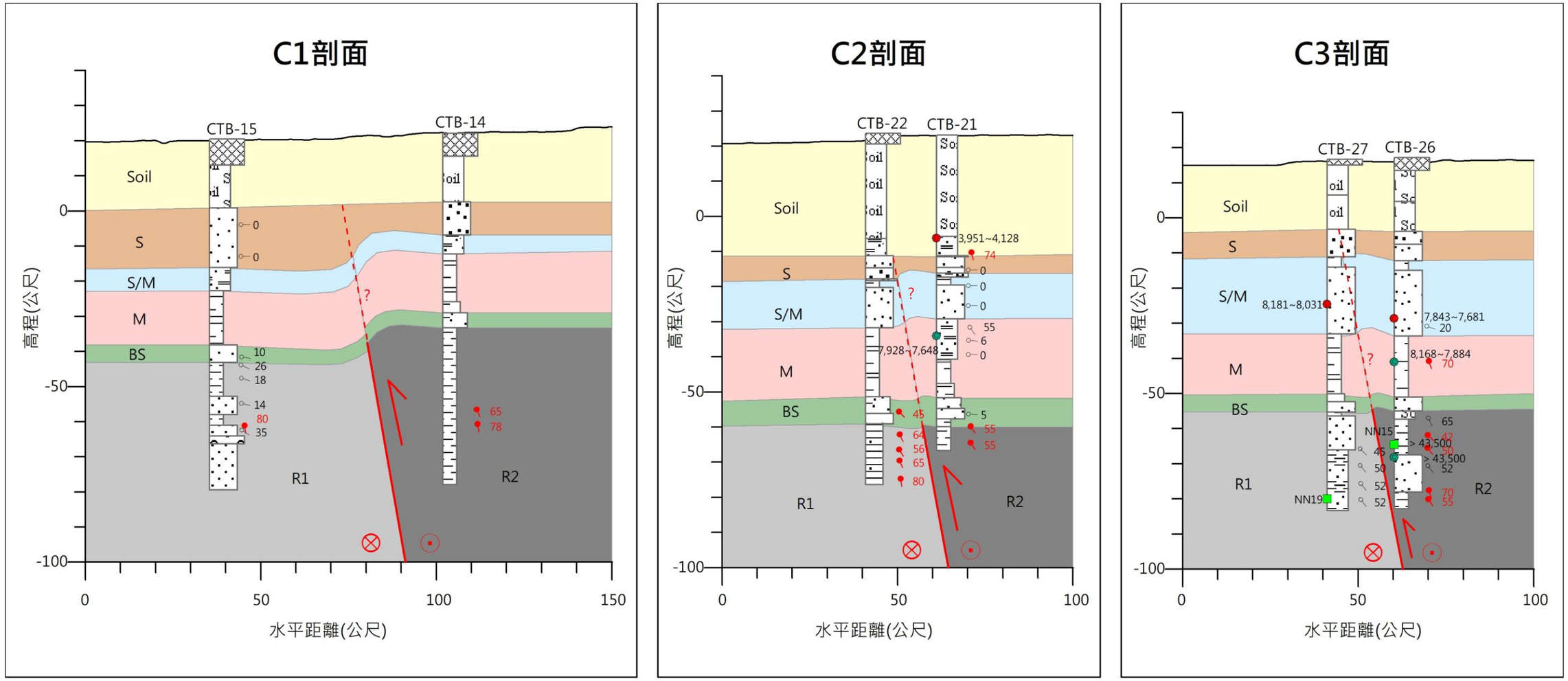


圖 3.3-26 細部調查地質鑽探 C1~C3 剖面圖

(10) 地質鑽探剖面小結

依據本計畫地質鑽探剖面調查之成果，可經由地質鑽探之地層對比與岩心判釋評估斷層跡延伸位置與斷層影響範圍，茲綜整車瓜林斷層斷層跡延伸位置與影響範圍整理如表 3.3-12 與圖 3.3-27 所示，說明如下。

A. 斷層跡延伸位置

車瓜林斷層(地礦中心，2023)西南端以走向北偏東 35°延伸至基地範圍內，接著斷層跡延伸通過 P1 剖面鑽孔 CTB-2 與 CTB-3 之間、P2 剖面鑽孔 CTB-8 與 CTB-6 之間、P3 剖面鑽孔 CTB-9 與 CTB-10 之間、C1 剖面鑽孔 CTB-15 與 CTB-14 之間、P4 剖面鑽孔 CTB-17 與 CTB-20 之間、C2 剖面鑽孔 CTB-22 與 CTB-21 之間、P5 剖面鑽孔 QTB-A2 與 CTB-23 之間、C3 剖面鑽孔 CTB-27 與 CTB-26 之間、P6 剖面鑽孔 CTB-30 與 CTB-31 之間。

此外，在靠近斷層帶之鑽孔可見地層層面傾角變陡或剪切構造發育密集，岩心具發達之剪裂泥與剪裂紋理分布等現象，顯示為應力集中之區域，顯示斷層跡為斷層錯動時之主要滑移面，即車瓜林斷層發生瞬移錯動時可能造成地表破裂之範圍。

B. 斷層影響範圍

由鑽孔的剪切構造分布與地層層面頃角變化狀況顯示， P 1 剖面之鑽孔 CTB-2 至 CTB-5、P2 剖面之鑽孔 CTB-8 至 CTB-7、P3 剖面之鑽孔 CTB-9 至 CTB-11、C1 剖面之鑽孔 CTB-14、P4 剖面之鑽孔 CTB-20 至 CTB-19、C2 剖面全部鑽孔、P5 剖面之鑽孔 CTB-23 至 CTB-24、C3 剖面全部鑽孔、P6 剖面之鑽孔 CTB-29 至 CTB-31 均具不同程度之剪切構造分布、層面傾角較陡或岩盤面高程變化等現象，指示此範圍為斷層影響受變形、擠壓之區域，即車瓜林斷層之斷層帶影響範圍。

表 3.3-12 地質鑽探剖面判釋之斷層跡延伸位置與影響範圍一覽表

剖面	斷層跡延伸位置	斷層影響範圍鑽孔
P1	CTB-2 與 CTB-3 之間	CTB-2 至 CTB-5
P2	CTB-8 與 CTB-6 之間	CTB-8 至 CTB-7
P3	CTB-9 與 CTB-10 之間	CTB-9 至 CTB-11
C1	CTB-15 與 CTB-14 之間	CTB-14
P4	CTB-17 與 CTB-20 之間	CTB-20 至 CTB-19
C2	CTB-22 與 CTB-21 之間	CTB-22、CTB-21
P5	QTB-A2 與 CTB-23 之間	QTB-A2 至 QTB-A3
C3	CTB-27 與 CTB-26 之間	CTB-27、CTB-26
P6	CTB-30 與 CTB-31 之間	CTB-29 至 CTB-31

*備註：各剖面之鑽孔順序由西北至東南排列

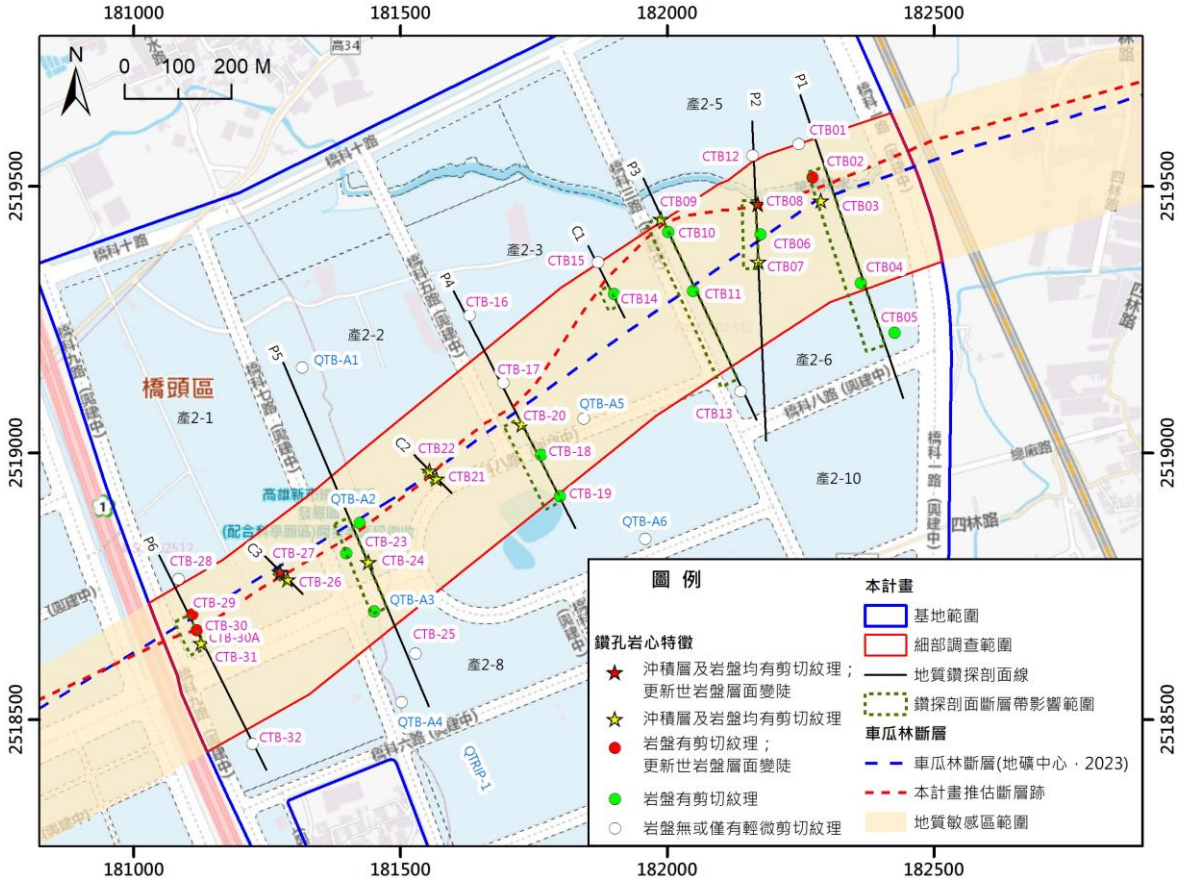


圖 3.3-27 地質鑽探剖面判釋之斷層跡延伸位置與影響範圍分布圖

6. 斷層活動性與長期滑移速率

(1) 地層等時線

地層等時線之計算通常係由單一鑽孔內多個碳十四定年樣本進行垂直向內差，直接計算地層沉積速率與特定年代等時線位置，惟因本計畫取得之定年樣本數相對有限，多數鑽孔僅具單一樣本，無法提供足夠的垂直向控制點進行同鑽孔內之沉積速率計算，故難以採用內差方式建立高解析度之等時線模型。為克服樣本不足所造成的限制，本計畫整合各剖面之地質鑽孔岩心紀錄與碳十四定年成果，進行區域性地層對比與分類，將調查區內沖積層劃分為五層，並彙整其年代分布如表 3.3-13 所示。

本計畫根據上述地層劃分及其對應年代範圍，參考地層延續性進行橫向等時線位置推估，透過區域性地層對比與地層沉積速率之計算建立等時線位置。本次分析將重點放在推估 6,000、8,000 及 10,000 cal yr B.P.等時線於各剖面之海拔高程，結果詳見表 3.3-14，作為後續斷層活動性評估與長期滑移速率計算之重要依據。

表 3.3-13 地質鑽探剖面沖積層年代分布範圍一覽表

地層	年代 (cal yr B.P.)
土壤層	年輕於 4,800
中砂層	7,200~4,800
砂泥互層	8,000~7,200
泥層	9,400~8,000
生物碎屑砂層	11,000~9,400

表 3.3-14 鑽探剖面等時線推估之海拔高程

鑽孔			地層高程(公尺)					等時線高程(公尺)		
剖面	編號	高程(公尺)	中砂層(S)		泥層(M)	生物碎屑砂層(BS)				
			頂部	底部	頂部	頂部	底部	6,000 年	8,000 年	10,000 年
P1	CTB-1	20.3	4.1	-12.8	-18.8	-29.6	-36.8	-4.3	-18.8	-34.1
P1	CTB-2	20.3	5.4	-12.6	-19.1	-29.2	-33.6	-3.6	-19.1	-31.9
P1	CTB-3	20.1	9.7	-8.9	-14.2	-23.9	-26.4	0.4	-14.2	-25.5
P1	CTB-4	22.7	9.6	2.3	-2.3	-11.7	-13.5	5.9	-2.3	-12.8
P1	CTB-5	23.9	12.8	0.0	-6.0	-14.0	-16.8	6.4	-6.0	-15.7
P2	CTB-12	19.6	4.7	-12.0	-12.0	-29.4	-34.8	-3.7	-12.0	-32.8
P2	CTB-8	19.7	5.6	-7.3	-13.6	-28.8	-32.4	-0.8	-13.6	-31.1
P2	CTB-6	20.1	5.2	-7.8	-14.2	-23.9	-26.1	-1.3	-14.2	-25.3
P2	CTB-7	21.0	9.7	-3.3	-10.7	-19.0	-23.1	3.2	-10.7	-21.5
P3	CTB-9	19.5	2.5	-12.9	-20.1	-33.5	-42.9	-5.2	-20.1	-39.3
P3	CTB-10	20.4	1.7	-15.5	-17.6	-33.6	-37.2	-6.9	-17.6	-35.9
P3	CTB-11	23.6	7.3	-4.9	-8.7	-23.4	-27.2	1.2	-8.7	-25.8
P3	CTB-13	28.6	11.9	1.4	-5.3	-15.8	-18.5	6.6	-5.3	-17.5
C1	CTB-15	20.5	0.8	-16.1	-22.7	-38.2	-43.1	-7.6	-22.7	-41.3

鑽孔			地層高程(公尺)					等時線高程(公尺)		
剖面	編號	高程(公尺)	中砂層(S)		泥層(M)	生物碎屑砂層(BS)				
			頂部	底部	頂部	頂部	底部	6,000 年	8,000 年	10,000 年
C1	CTB-14	22.1	2.6	-6.9	-12.2	-29.1	-33.3	-2.1	-12.2	-31.7
P4	CTB-16	21.3	-9.8	-13.3	-32.4	-53.7	-60.8	-11.6	-32.4	-58.1
P4	CTB-17	24.6	-10.7	-19.4	-29.7	-46.0	-52.0	-15.0	-29.7	-49.8
P4	CTB-20	26.3	-9.3	-18.4	-24.4	-40.7	-44.7	-13.8	-24.4	-43.2
P4	CTB-18	27.1	-0.8	-28.0	-28.0	-41.8	-44.7	-14.4	-28.0	-43.6
P4	CTB-19	27.3	5.5	-14.4	-14.4	-17.7	-24.0	-4.5	-14.4	-21.7
C2	CTB-22	23.6	-11.2	-17.5	-31.7	-56.1	-59.1	-14.3	-31.7	-58.0
C2	CTB-21	23.3	-11.5	-16.2	-29.2	-54.7	-59.9	-13.9	-29.2	-57.9
P5	QTB-A1	15.7	-9.8	-14.7	-39.4	-57.9	-59.6	-12.3	-39.4	-59.0
P5	QTB-A2	18.0	-13.0	-18.1	-38.0	-54.0	-56.0	-15.5	-38.0	-55.2
P5	CTB-23	17.5	-6.9	-12.0	-34.1	-53.5	-56.5	-9.5	-34.1	-55.4
P5	CTB-24	18.4	-3.6	-9.1	-32.0	-50.7	-54.4	-6.3	-32.0	-53.0
P5	QTB-A3	21.9	12.9	7.5	-11.9	-22.9	-25.2	10.2	-11.9	-24.3
P5	CTB-25	22.8	10.8	4.4	-13.2	-24.3	-25.4	7.6	-13.2	-25.0
P5	QTB-A4	20.7	12.0	5.9	-8.3	-26.2	-27.3	9.0	-8.3	-26.9

鑽孔			地層高程(公尺)					等時線高程(公尺)		
剖面	編號	高程(公尺)	中砂層(S)		泥層(M)	生物碎屑砂層(BS)				
			頂部	底部	頂部	頂部	底部	6,000 年	8,000 年	10,000 年
C3	CTB-27	16.7	-3.3	-11.1	-33.0	-50.1	-55.3	-7.2	-33.0	-53.4
C3	CTB-26	17.1	-3.9	-12.2	-33.7	-51.1	-55.0	-8.0	-33.7	-53.5
P6	CTB-28	12.3	-3.9	-11.4	-33.1	-59.2	-64.8	-7.6	-33.1	-62.7
P6	CTB-29	12.6	0.7	-8.4	-31.6	-49.7	-55.1	-3.8	-31.6	-53.1
P6	CTB-30	12.7	0.7	-7.0	-26.0	-46.2	-50.6	-3.1	-26.0	-48.9
P6	CTB-31	13.2	2.6	-6.0	-25.8	-44.8	-49.4	-1.7	-25.8	-47.7
P6	CTB-32	16.6	10.6	5.4	-6.8	-22.0	-25.6	8.0	-6.8	-24.2

*備註：各剖面之鑽孔順序由西北至東南排列

(2) 斷層活動性

地層等時線分析為判斷構造活動與變形特徵的重要方式，藉由地層等時線的分布可瞭解如同年代形成的地層應呈水平分佈，若在不同鑽孔間地層年代出現高程落差或傾斜，則可能為後期構造活動(如斷層錯動)所造成。因此，本計畫藉由透過等時線的高程差異，可反推車瓜林斷層活動之時間序列與強度，進而評估斷層在長時間上的活動性。

本計畫彙整 P1 至 P6 等 6 個剖面，針對距今 6,000 年、8,000 年與 10,000 年前等時線進行高程分布比較(表 3.3-14)。結果顯示，各年代等時線普遍存在高程落差，最高落差可達數十公尺，顯示車瓜林斷層於本工區曾經活動且具延續性。

整體而言，不論是距今 6,000 年、8,000 年與 10,000 年前之等時線均呈抬升與變形，顯示車瓜林斷層之錯動自 10,000 年前以來即已持續作用至今；而距今 6,000 年前之等時線呈錯動抬升與位移特徵，代表車瓜林斷層於距今 6,000 年前以來內仍有活動。然因缺乏足夠碳十四定年樣本，無法建立更年輕年代的等時線，因此尚無法確認距今 6,000 年前之後是否仍有斷層錯動發生，最近一次的活動時間不詳。

(3) 長期滑移速率

本計畫依據前述等時線推估結果進一步計算車瓜林斷層長期滑移速度，此方法係由不同鑽孔中相同年代等時線之高程差異，代表該時間區段內之垂直錯移量，並配合斷層傾角轉換為滑移速率。

本計畫選取地層連續性較佳且具代表性之 P1、P5 及 P6 剖面，並使用各剖面分布於活動斷層地質敏感區範圍南北兩側之鑽孔進行距今 6,000、8,000 與 10,000 年前之等時線之錯移量計算，斷層傾角則參考 3.3.2 節 4.地質鑽探調查成果推估之各剖面斷層傾角，據以換算為斷層滑移速率，結果顯示車瓜林斷層自距今 10,000 年前以來已持續活動，其長期滑移速率介於 2.10~5.37 mm/yr 之間。藉由各等時線計算之滑移速率結果詳見表 3.3-15，茲以距今 10,000 年前

等時線之滑移速率計算成果為例，說明如下：

A. P1 剖面

選取位於活動斷層地質敏感區南、北兩側的鑽孔 CTB-1（-34.1 公尺）與 CTB-4（-12.8 公尺）進行估算，兩孔距今 10,000 年前等時線高程差為 21.2 公尺，推估垂直滑移速度約為 2.12 mm/yr，依據前述剖面推估之斷層傾角約 50~80°，換算其總滑移速率約為 2.16~2.77 mm/yr。

B. P5 剖面

選取鑽孔 QTB-A1（-59 公尺）與 CTB-25（-25 公尺），兩者在距今 10,000 年前等時線的高程差為 34 公尺，對應之垂直滑移速率為 3.40 mm/yr，依據前述剖面推估之斷層傾角約 40~80°，換算滑移速率約為 3.45~5.37 mm/yr。

C. P6 剖面

在 P6 剖面中，選取鑽孔 CTB-28（-62.7 公尺）與 CTB-32（-24.2 公尺）作為計算，其距今 10,000 年前等時線高程差為 38.5 公尺，垂直滑移速率約為 3.85 mm/yr，依據前述剖面推估之斷層傾角約 60~80°，換算滑移速率約為 3.91~4.44 mm/yr。

(4) 小結

本計畫透過建立距今 6,000、8,000 與 10,000 年前之等時線並計算錯移量與滑移速率，顯示車瓜林斷層自距今 10,000 年前以來已持續活動，其長期滑移速率介於 2.10~5.37 mm/yr 之間。此結果顯示車瓜林斷層具長期活動性，且持續作用至今，長期滑移速率結果可作為後續機率式斷層位移危害度分析(PFDHA)之參數，提供地表破裂數值模擬之計算基礎，詳見 3.4節機率式斷層位移危害度分析與影響範圍數值模擬。

表 3.3-15 等時線計算長期滑移速率一覽表

剖面	等時線	下盤		上盤		高程差(公尺)	抬升年代	垂直滑移速率(mm/yr)	斷層傾角(°)		滑移速率(mm/yr)	
		鑽孔	高程(公尺)	鑽孔	高程(公尺)				最小	最大	最小	最大
P1	6,000 年	CTB-1	-4.3	CTB-4	5.9	10.3	6,000	1.71	50	80	1.74	2.24
P1	8,000 年	CTB-1	-18.8	CTB-4	-2.3	16.5	8,000	2.07	50	80	2.10	2.70
P1	10,000 年	CTB-1	-34.1	CTB-4	-12.8	21.2	10,000	2.12	50	80	2.16	2.77
P5	6,000 年	QTB-A1	-12.3	CTB-25	7.6	19.9	6,000	3.31	40	80	3.36	5.15
P5	8,000 年	QTB-A1	-39.4	CTB-25	-13.2	26.2	8,000	3.27	40	80	3.32	5.09
P5	10,000 年	QTB-A1	-59.0	CTB-25	-25.0	34.0	10,000	3.40	40	80	3.45	5.37
P6	6,000 年	CTB-28	-7.6	CTB-32	8.0	15.6	6,000	2.60	60	80	2.65	3.01
P6	8,000 年	CTB-28	-33.1	CTB-32	-6.8	26.3	8,000	3.29	60	80	3.34	3.80
P6	10,000 年	CTB-28	-62.7	CTB-32	-24.2	38.5	10,000	3.85	60	80	3.91	4.44

3.4 機率式斷層位移危害度分析與影響範圍數值模擬

本計畫彙整車瓜林斷層相關之既有文獻資料，並依據細部調查所得之地質鑽探成果及碳十四定年分析結果，建立斷層長期滑移速率模型，作為進行機率式斷層位移危害度分析（Probabilistic Fault Displacement Hazard Analysis, PFDHA）中求得斷層位移危害度曲線之計算參數。PFDHA 能評估特定再現週期下斷層於地表產生錯移之可能性與對應錯移量，進而作為地質敏感區安全評估之依據。

為進一步評估斷層錯移量對地表造成之影響範圍，本計畫採用 PFDHA 所得之再現周期 475 年與 2,500 年對應之錯移量，使用數值分析軟體 FLAC 進行二維動力模擬分析地表破裂之情形。模擬之剖面選擇園區內具代表性之兩條剖面（P1 剖面與 P6 剖面），分別代表不同地下地質條件。藉以探討在不同錯移量及不同地下地質條件下，斷層活動對地層變形與地表破裂分佈範圍之影響，分析結果可提供後續禁限建範圍劃設與園區開發設計之重要依據與規劃參考。

3.4.1機率式斷層位移危害度分析

本計畫彙整車瓜林斷層既有文獻、地質鑽探與定年試驗成果進行機率式斷層位移危害度分析，調查成果之全部參數如表 3.4-1，最終採用參數與模式之邏輯樹如圖 3.4-1 所示，相關參數與使用公式說明如後，分析流程如圖 3.4-2 所示。

表 3.4-1 車瓜林斷層 PFDHA 參數一覽表

項目	參數數值	資料來源
斷層長度(公里)	22	活動斷層地質敏感區劃定計畫書(F0023 車瓜林斷層)(地礦中心，2023)
斷層深度(公里)	20	整理地震資料自臺灣地震與地球物理資料管理系統(GDMS)
斷層傾角(度)	55~80	本計畫鑽探成果
斷層形式	逆移斷層	活動斷層地質敏感區劃定計畫書(F0023 車瓜林斷層)(地礦中心，2023)
長期滑移速率(mm/yr)	1.74~5.37	本計畫鑽探成果

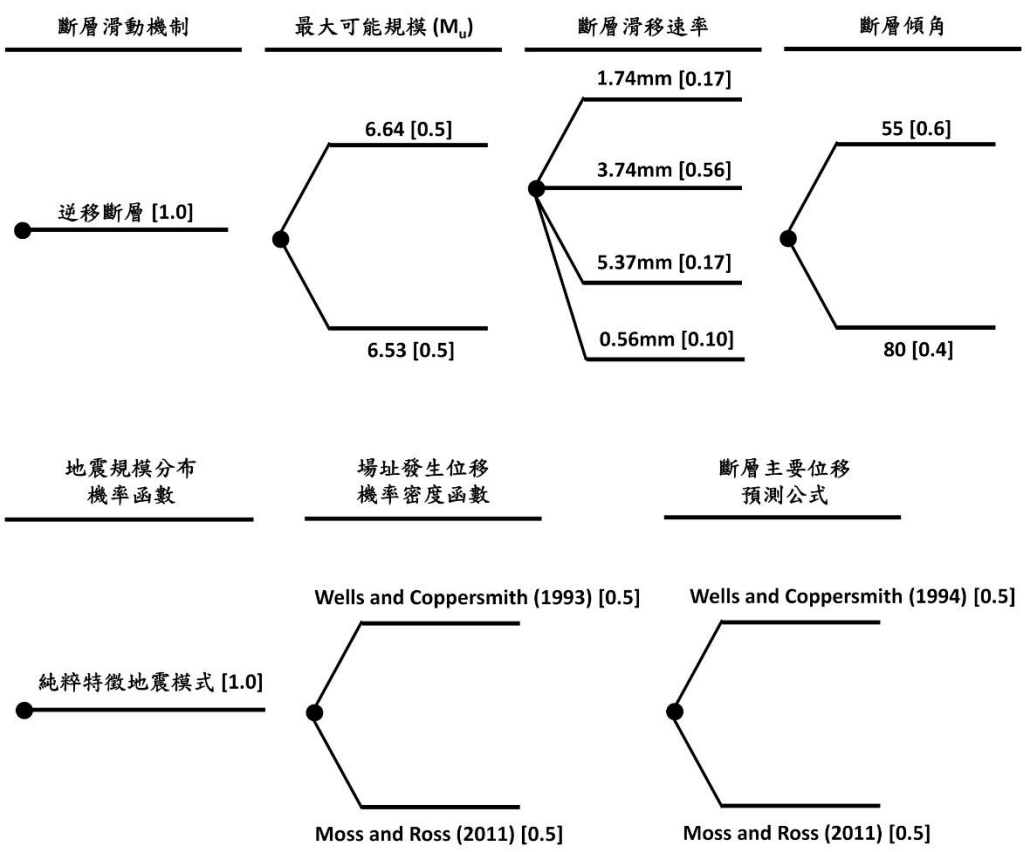


圖 3.4-1 車瓜林斷層 PFDHA 邏輯樹

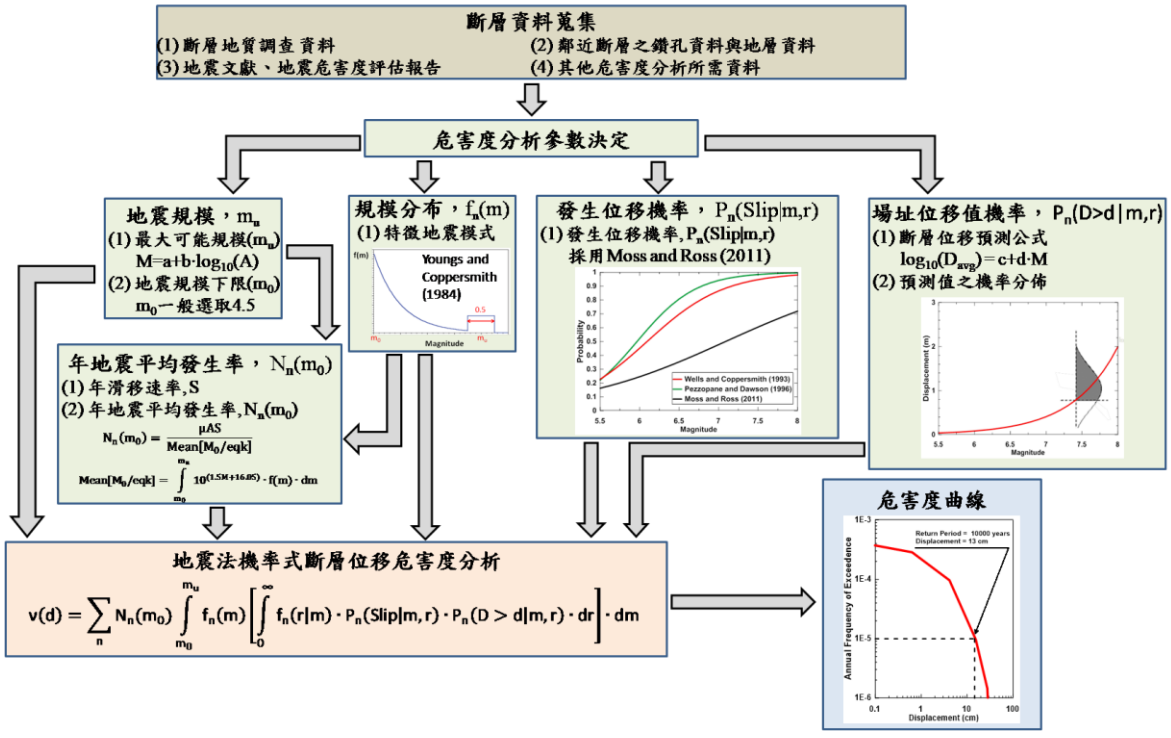


圖 3.4-2 地震法機率式斷層位移危害度分析流程圖

1. 分析參數說明

(1) 最大可能地震規模(Mu)

車瓜林斷層最大可能地震規模之推估，本分析採用 Wells and Coppersmith (1994)(式 1)與 Yen and Ma (2011)(式 2 與式 3)建議之斷層長度與地震規模(Mw)公式計算，採用斷層長度 22 公里(表 3.4-1)，Mu 分別為 6.64 與 6.53，邏輯樹權重各為 0.5。

$$M_w = 5.08 + 1.16 \log L \quad \text{(式 1)}$$

$$\log L = 0.5 \log M_0 - 8.08 \quad \text{and} \quad M_0\ (N-m) \quad \text{(式 2)}$$

$$M_w = 2/3 \log M_0 - 10.7 \quad \text{and} \quad M_0\ (dyne-cm) \quad \text{(式 3)}$$

其中，L 為斷層長度(km)，M0 為地震矩(N-m 或 dyne-cm)

(2) 斷層滑移速率(S)

表 3.4-1 提供之滑移速率採用時線計算之滑移速率為 1.74~5.37 mm/yr，因計算之滑移速率值分布範圍較大，因此採用三點近似方式設定權重(最大與最小值分別設定權重 0.185，中間值設定權重 0.63)，再簡化依經驗調整權重為 0.90，最終分析採用之滑移速率為 S = 1.74 mm、3.74 mm 與 5.37 mm，權重分配各為 0.17、0.56 與 0.17。此外，因 P1 剖面上盤鑽孔 CTB-3 與下盤鑽孔 CTB-1 仍具足夠之定年樣品由內插法計算滑移速率，其滑移速率介於 0.42~0.72 mm/yr，明顯小於其他剖面之成果，惟考量 PFDHA 邏輯樹為考量各種可能性進行分析，故採用平均滑移速率 0.56 mm/yr 並給予權重 0.1。

(3) 斷層傾角

斷層傾角採用表 3.4-1 之 55 度與 80 度，權重分配各為 0.60 與 0.40，斷層傾角為計算斷層面積使用。

(4) 地震規模分布機率密度函數

由不同斷層之地質證據特徵顯示，斷層有重複發生較大規模地震之特性;此外，由發生位移機率密度函數曲線可知，發生較大規模地震時地表發生位移之機率較高。因此，本分析選擇日本原子力學會

PSA 規範中引用之純粹特徵地震(Pure Characteristic)模式，該模式不考慮中小地震，保守假設斷層僅產生最大可能規模之地震，可提供較保守之斷層位移量成果，圖 3.4-3 為純粹特徵地震模式分布圖。

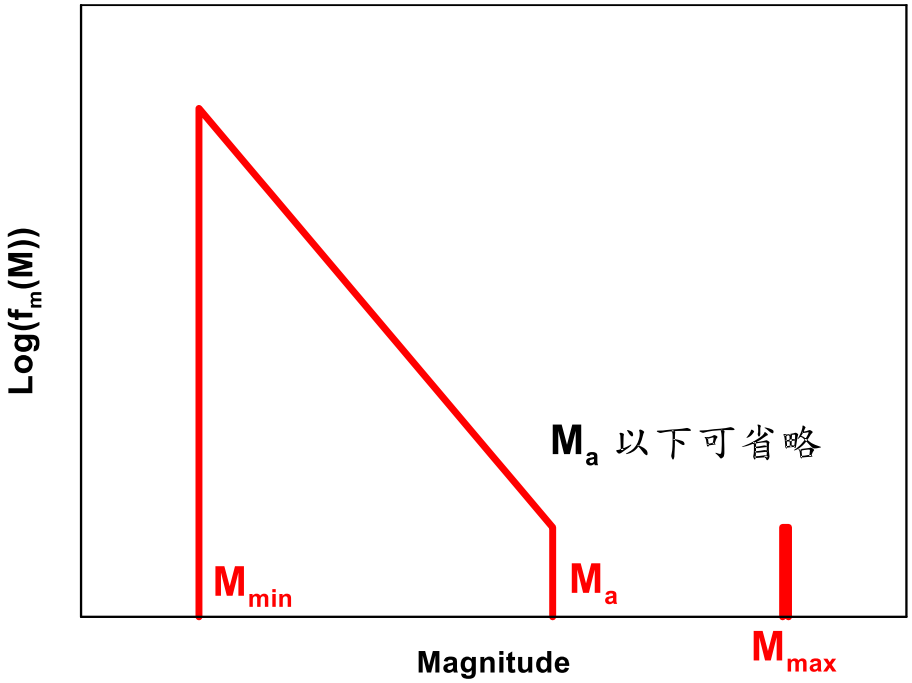


圖 3.4-3 純粹特徵地震規模分布圖

(5) 場址發生位移機率密度函數

場址發生位移機率密度函數之建構，一般利用全球地震現地觀察資料進行回歸，發生主要位移機率密度函數本分析採用 Wells and Coppersmith (1993)與 Moss and Ross (2011)提出之機率密度函數，如表 3.4-2 所列。權重分配為 0.5 與 0.5。

表 3.4-2 場址發生主要位移機率密度函數

關係式	公式	備註
Wells and Coppersmith (1993)	$P_n(Slip\|m,r) = \frac{e^{a+b\cdot m}}{1+e^{a+b\cdot m}}$ a = -12.51，b = 2.053，m 為地震規模	採用 276 組世界各地各類型斷層資料進行回歸
Moss and Ross (2011)	$P_n(Slip\|m,r) = \frac{1}{1+e^{a+b\cdot m}}$ a = 7.30，b = -1.03，m 為地震規模	採用 129 組世界各地逆斷層資料進行回歸

(6) 斷層位移預測公式(FDPE)

主要破裂定義為斷層上方之位移，斷層錯動量於斷層破裂長度上之分布並非相同大小，錯動量分布形式受斷層面之幾何複雜度與斷層上應力之累積分布情況等因素影響。為簡化分析流程，本分析利用不同預測公式計算斷層可能發生之平均位移量(AD)或最大位移量(MD)，做為後續斷層影響範圍分析之參考，但不額外評估沿斷層不同位置上錯動量變異性之影響。本分析採用 Moss and Ross (2011)之逆斷層公式與 Wells and Coppersmith (1994)之所有斷層類型公式進行平均位移量(AD)之計算，位移量公式如表 3.4-3 所列。權重分配各為 0.5 與 0.5。

表 3.4-3 斷層主要破裂位移預測公式表

關係式	公式
Wells and Coppersmith (1994) 所有斷層類型公式	$\log AD = 0.69\mathrm{M} - 4.80 \pm 0.36$ $\log MD = 0.82\mathrm{M} - 5.46 \pm 0.42$
Moss and Ross (2011) 逆斷層公式	$\log AD = 0.3244\mathrm{M} - 2.2192 \pm 0.17$ $\log MD = 0.5102\mathrm{M} - 3.1971 \pm 0.31$

(7) 地震再現模式

地震危害度分析之地震再現模式一般採用包生過程，即每一次地震之發生皆為獨立事件。Matthews et al. (2002)利用地震再現周期資料，說明以上獨立事件之假設並非完全合理。當斷層發生大地震後，斷層所累積的彈性應變能量(elastic strain energy)已獲得適度之釋放，因此接下來數十年間再發生大地震之機率較小，以上現象可利用將危害度分析之年超越機率乘上等值包生機率(Poisson-equivalent rate)參數(此情況下，參數值設定為小於 1)方式考慮。相反的，當斷層上次發生大地震時間已經超過其大地震之再現周期時，發生大地震之機率將會明顯增加，此時可將等值包生機率參數設定大於 1 考慮機率增加現象。

車瓜林斷層之地震再現周期以及過去發生大地震的資料仍需持

續收集與彙整後，方能提供正確之等值包生機率參數計算，因此本分析仍採用包生過程。

2. 分析成果

車瓜林斷層 PFDHA 分析成果如表 3.4-4 所列與圖 3.4-4 所示，DBE(再現周期 475 年)之斷層平均位移量約為 0.60 公尺，MCE(再現周期 2,500 年)之斷層平均位移量約為 1.35 公尺。

表 3.4-4 車瓜林斷層位移危害度分析成果

位移類型	位移量基準	斷層垂直位移量(公尺)
斷層平均位移	設計地震(DBE) 475 年	0.60
斷層平均位移	最大可能地震(MCE) 2,500 年	1.35

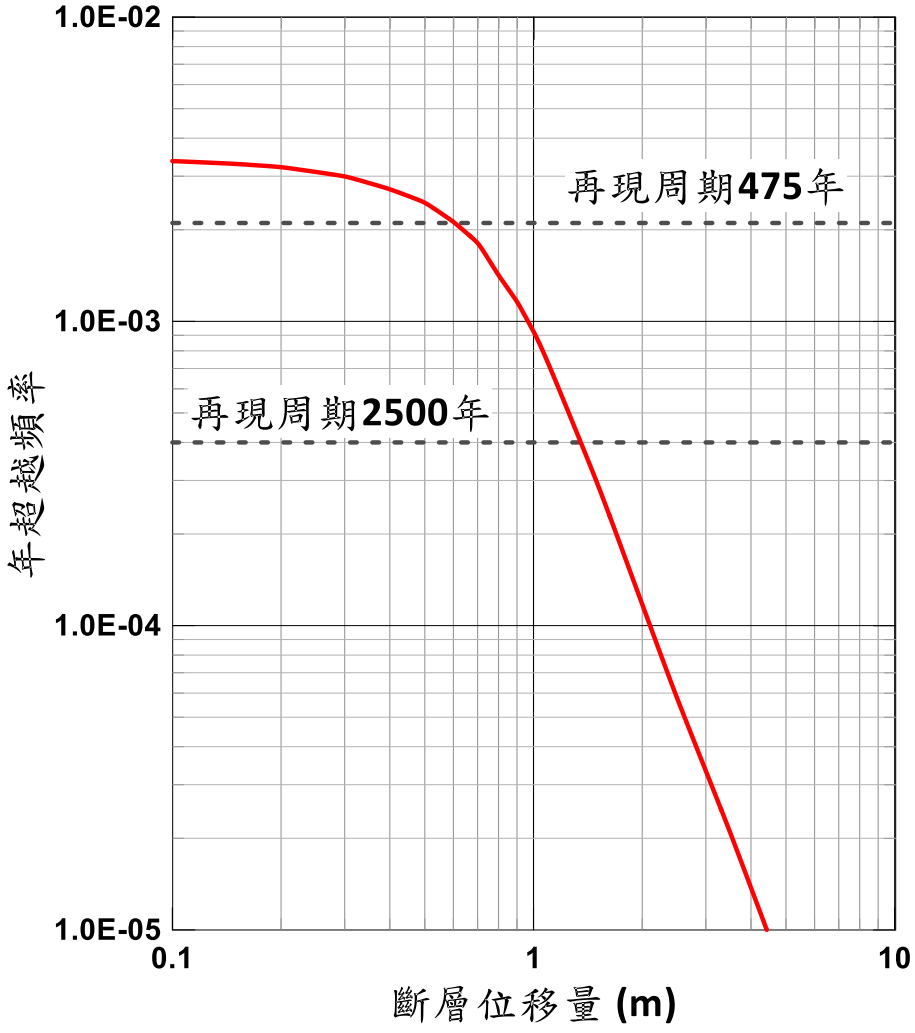


圖 3.4-4 車瓜林斷層之斷層位移危害度曲線

3.4.2影響範圍數值模擬

本此分析採用大地工程常用數值分析軟體 FLAC(Fast Lagrangian Analysis of Continua)，FLAC 為二維有限差分程式，可模擬土壤、岩石或其他地工材料受外力作用時，相對應之應力-應變行為(彈性與塑性行為皆可模擬)。數值模型由有線差分網格組成，搭配適合不同材料行為之組成律模式(Constitutive Model)，設定模型之邊界條件後，建構地層之初始應力場，再依據施工行為進行模型之加載或卸載，計算網格對施加外力之應力-應變反應。FLAC 使用有限差分法(FDM, Finite Difference Method)搭配顯示求解步驟(explicit solution scheme)，以差分公式求解材料行為之控制方程式，因此沒有隱式求解步驟中，需先建構勁度矩陣再求解聯立方程式之流程。因此，FLAC 程式之運算速度及存儲效率較有限元素法程式提升許多外，更可處理有限元素法程式無法模擬之大應變行為(例如斷層位移)。FLAC 程式計算流程如圖 3.4-5 所示，其計算為循環模式，每一個循環皆由很短暫的時間步伐(Timestep)進行。

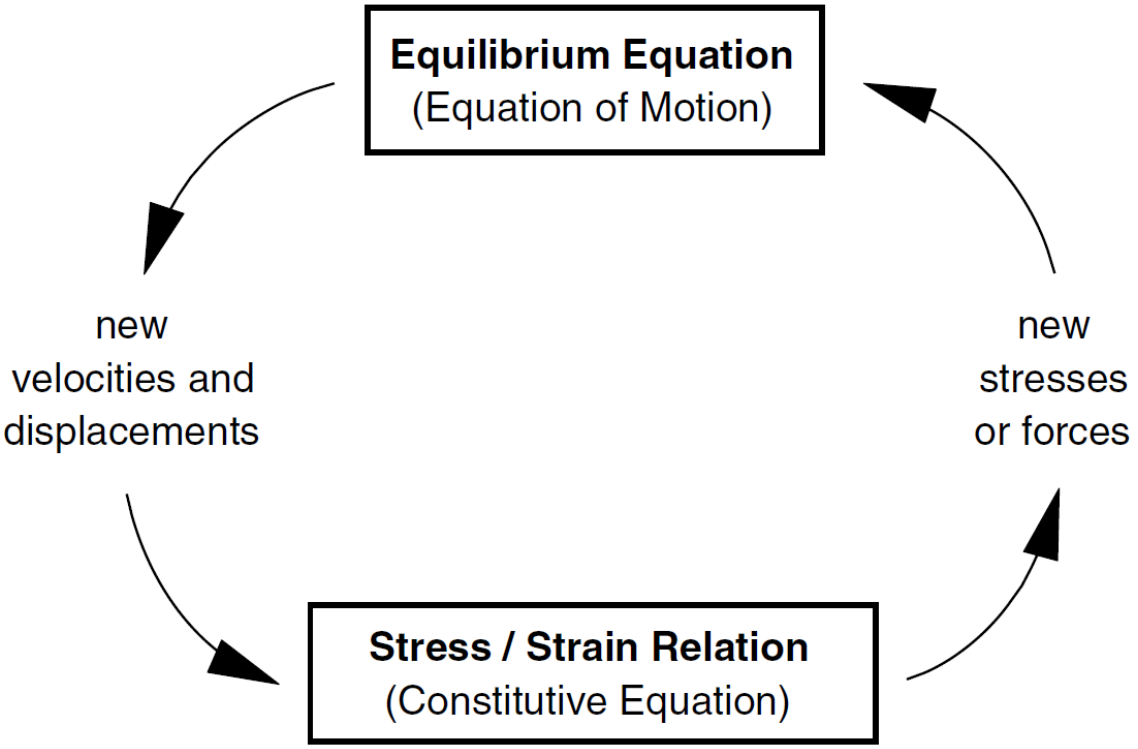


圖 3.4-5 FLAC 計算週期示意圖(Itasca, 2016)

1. 分析參數說明

由地質鑽探成果顯示，不論鑽孔位於斷層上盤或下盤，岩盤深度均具由東北至西南逐漸變深之趨勢，即細部調查範圍內之東北側(P1 剖面)沖積層厚度較薄，西南側(P6 剖面)沖積層厚度較厚。本計畫進行數值模擬時為盡可能反映工區所有之可能情境，選取細部調查範圍最東側與最西側之剖面(即 P1 剖面與 P6 剖面)進行模擬，除了剖面位置能盡可能涵蓋細部調查整體範圍外，亦可作為具較薄沖積層(P1 剖面)與較厚沖積層(P6 剖面)差異性之代表。

數值模型涵蓋至沖積層之生物碎屑砂層(BS)，生物碎屑砂層以下之岩層為斷層發生位移區域，設定為數值模型之下方邊界，沖積層包含土壤層(Soil)、中砂層(S)、砂泥互層(S/M)、泥層(M)、生物碎屑砂層(BS)，共 5 層沖積層。數值模型中，沖積層土層將採用 Mohr-Coulomb Model 模擬，相關強度與勁度參數參考台灣世曦工程顧問股份有限公司提供之鑽探報告(「高雄新市鎮第二期發展區(配合科學園區)開發案區段徵收公共工程規劃設計及監造委託服務作業」地質鑽探及試驗工作報告書)，數值分析使用參數如表 3.4-5 所列，案例分配如表 3.4-6 所列，說明如後。

表 3.4-5 簡化土層分層與參數表

地層	單位重 (t/m^3)	凝聚力 C' (t/m^2)	摩擦角 φ' (°)	剪力波速 Vs* (m/s)	波森比 ν**
土壤層 (Soil)	1.96	0.3	30.4	200	0.3
中砂層/砂泥互層 (S)/(S/M)	1.93	0.7	32.7	300	0.2
泥層/生物碎屑砂層 (M)/(BS)	1.89	0.3	30.4	400	0.3
說明： *材料之剪力模數(G)可利用剪力波速推估，$G = \rho \times Vs^2$ **推估值					

表 3.4-6 數值分析案例分配一覽表

模擬情境	剖面	再現周期(年)	錯移量(公尺)	斷層錯移角度(°)
1	P1	475	0.6	80
2	P1	2,500	1.35	80
3	P6	475	0.6	80
4	P6	2,500	1.35	80

2. 數值分析成果

圖 3.4-6 與圖 3.4-7 為剖面 P1 與剖面 P6 之 FLAC 數值模型圖，數值模型範圍水平向為 400 公尺，垂直向包含沖積層，數值模型網格尺寸設定為 5 公尺(水平) x 3 公尺(垂直)。圖 3.4-8 至圖 3.4-19 為數值分析成果圖，其中角變量與大於容許角變量之計算方式如下，角變量計算採用網格左右格點垂直差異沉陷量除上該網格水平寬度，容許角變量採用建築物基礎構造設計規範(內政部，2023)建議值(如表 3.4-7 所列)，本評估選用建築物產生結構性損壞之角變量值(1/150)為容許值。

由角變量分布圖(如圖 3.4-9、圖 3.4-12、圖 3.4-15、圖 3.4-18)可發現，斷層位移主要集中在斷層錯動處向地表延伸範圍。另外，利用大於容許角變量網格分布圖(如圖 3.4-10、圖 3.4-13、圖 3.4-16、圖 3.4-19)評估斷層位移之影響範圍，圖中紅色網格表示網格角變量大於容許角變量，粉色網格表示網格角變量小於容許角變量。

斷層位移影響分析成果彙整如表 3.4-8 所示，整體而言，以斷層再現周期 2,500 年之錯移量來看，斷層位移造成大於容許角變量之影響範圍沿本計畫判釋之斷層跡(即斷層滑動面投影至地表延伸處)延伸，寬度達 40 公尺，分布在斷層跡上盤約 15 公尺寬，下盤約 25 公尺寬。若比較斷層位移影響地表範圍之寬度顯示，較薄沖積層(P1 剖面)與較厚沖積層(P6 剖面)在相同錯移量的情境下地表影響範圍無太大差異;另一方面，在相同條件下如斷層再現周期較小時(如 475 年之於 2,500 年)，則地表受斷層錯動影響面積較小。

3. 小結

本計畫透過 PFDHA 分析不同再現週期下的地表錯移量（475 年約

0.60 公尺、2,500 年約 1.35 公尺），再結合 FLAC 數值模擬，評估不同地質條件下的地表破裂影響範圍。模擬結果顯示，在最大錯移情境下(再現周期 2,500 年，錯移量 1.35 公尺)錯移造成的影響範圍沿本計畫判釋之斷層跡延伸，寬度達 40 公尺，集中於斷層上盤約 15 公尺、下盤約 25 公尺處，且沖積層厚度差異對影響範圍影響不大，此成果可作為斷層影響範圍劃設之依據。

表 3.4-7 角變量與建築物損壞程度(Bjerrum,1963)

角變量	建築物損壞程度
1/600 (0.0017)	斜撐之構架有受損之危險
1/500 (0.0020)	建築物不容許裂縫產生的安全限度(含安全係數)
1/300 (0.0033)	隔間牆開始發生裂縫(不含安全係數)
1/250 (0.0040)	剛性之高層建築物開始有明顯的傾斜
1/150 (0.0067)	隔間牆及磚牆產生相當多的裂縫
1/150 (0.0067)	可撓性磚牆之安全限度(含安全係數)
1/150 (0.0067)	**建築物產生結構性損壞**

表 3.4-8 斷層位移影響數值模擬分析成果彙整表

模擬情境	剖面	再現周期(年)	錯移量(公尺)	斷層錯移角度(°)	影響範圍	
					寬度(公尺)	里程(公尺)
1	P1	475	0.6	80	30	155~185
2	P1	2,500	1.35	80	30	155~185
3	P6	475	0.6	80	25	140~165
4	P6	2,500	1.35	80	40	130~170

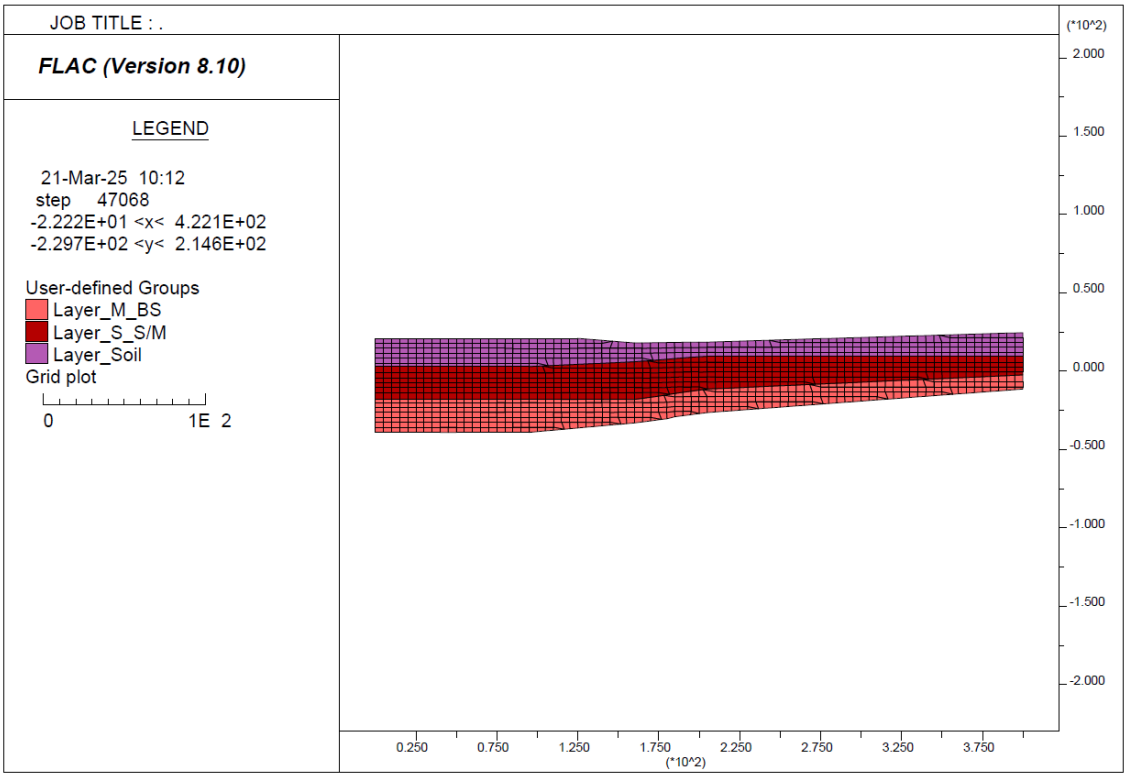


圖 3.4-6 P1 剖面之 FLAC 數值模型圖

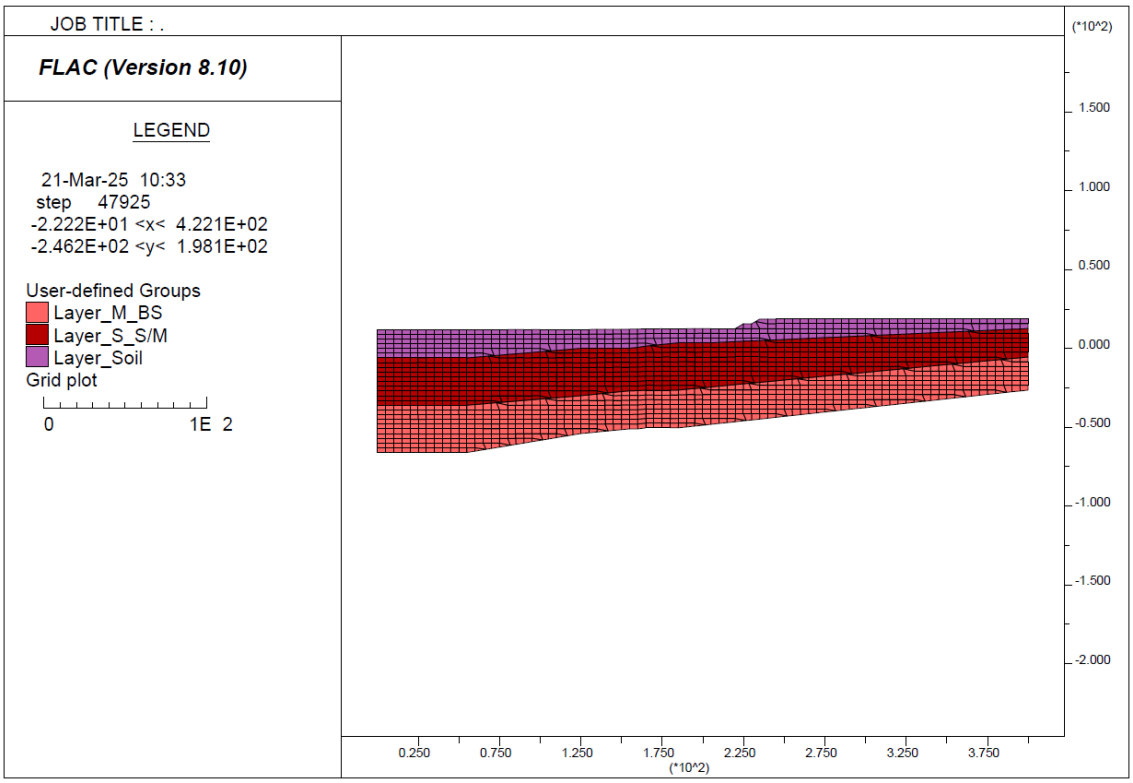


圖 3.4-7 P6 剖面之 FLAC 數值模型圖

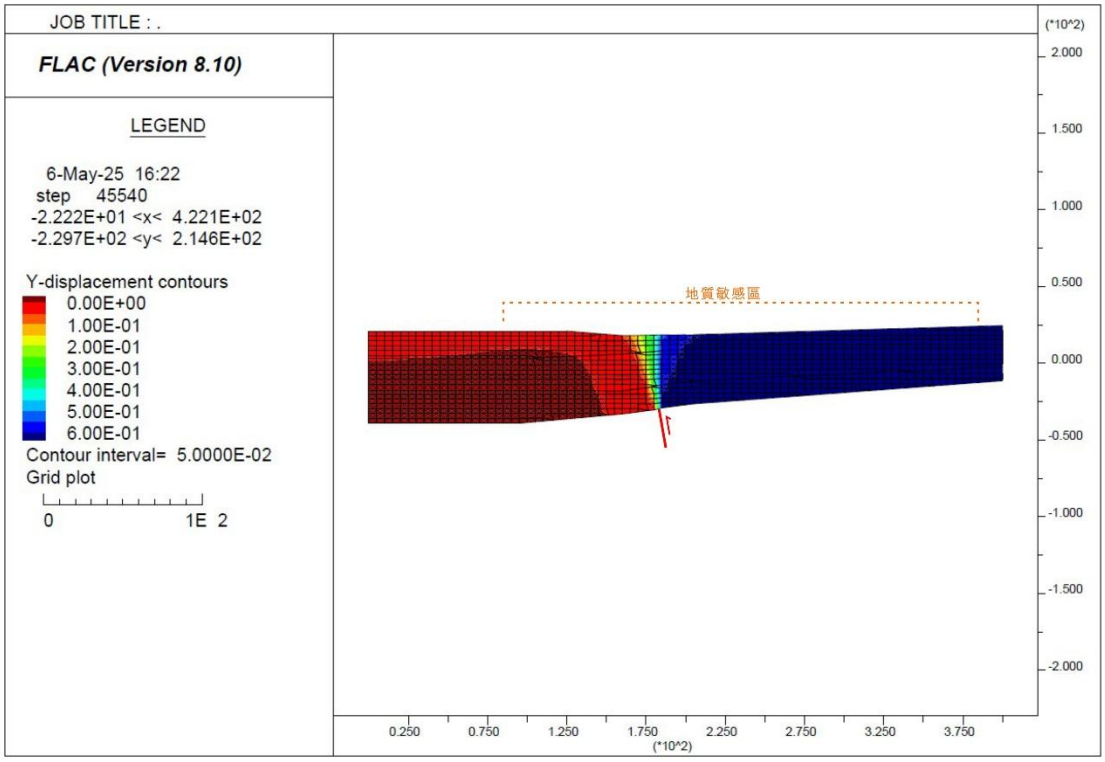


圖 3.4-8 再現周期 475 年錯移量 P1 剖面垂直位移分布圖

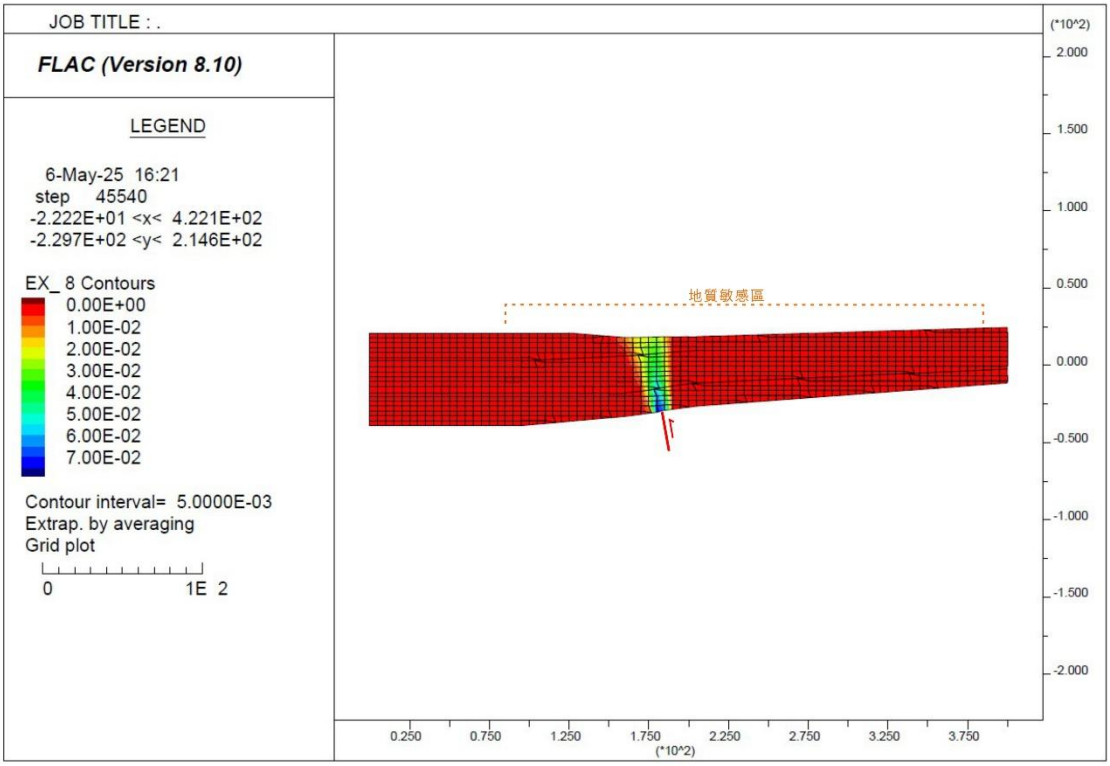


圖 3.4-9 再現周期 475 年錯移量 P1 剖面角變量分布圖

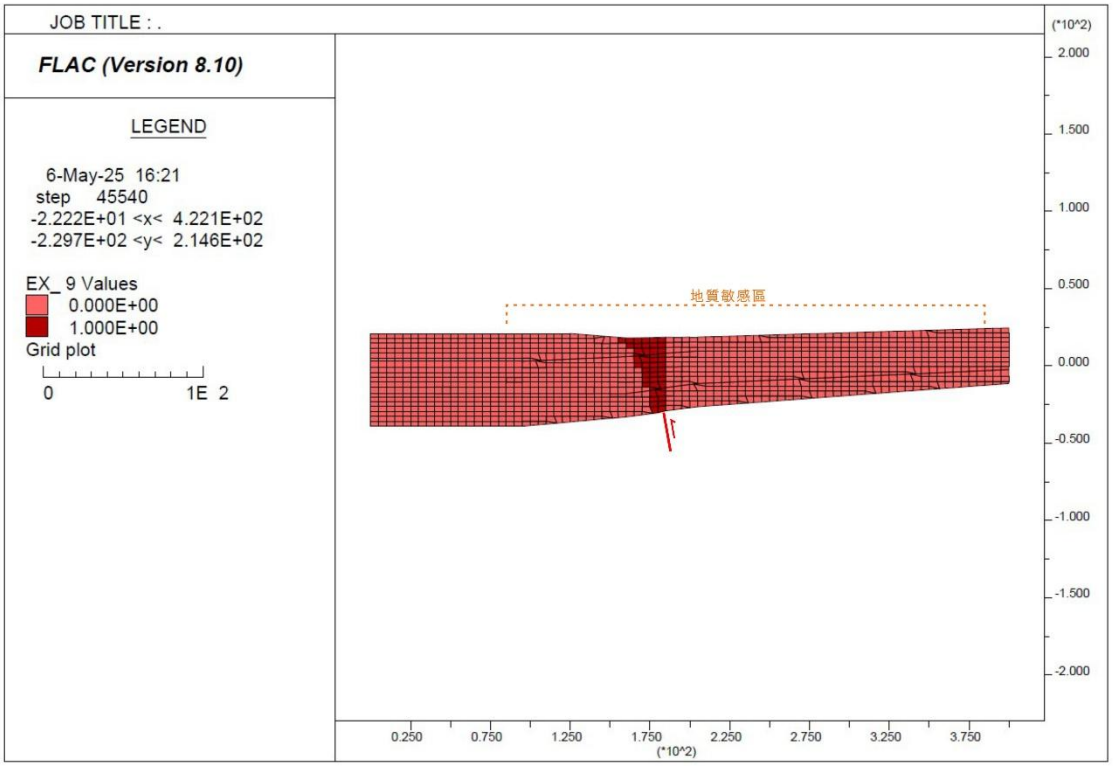


圖 3.4-10 再現周期 475 年錯移量 P1 剖面大於容許角變量分布圖

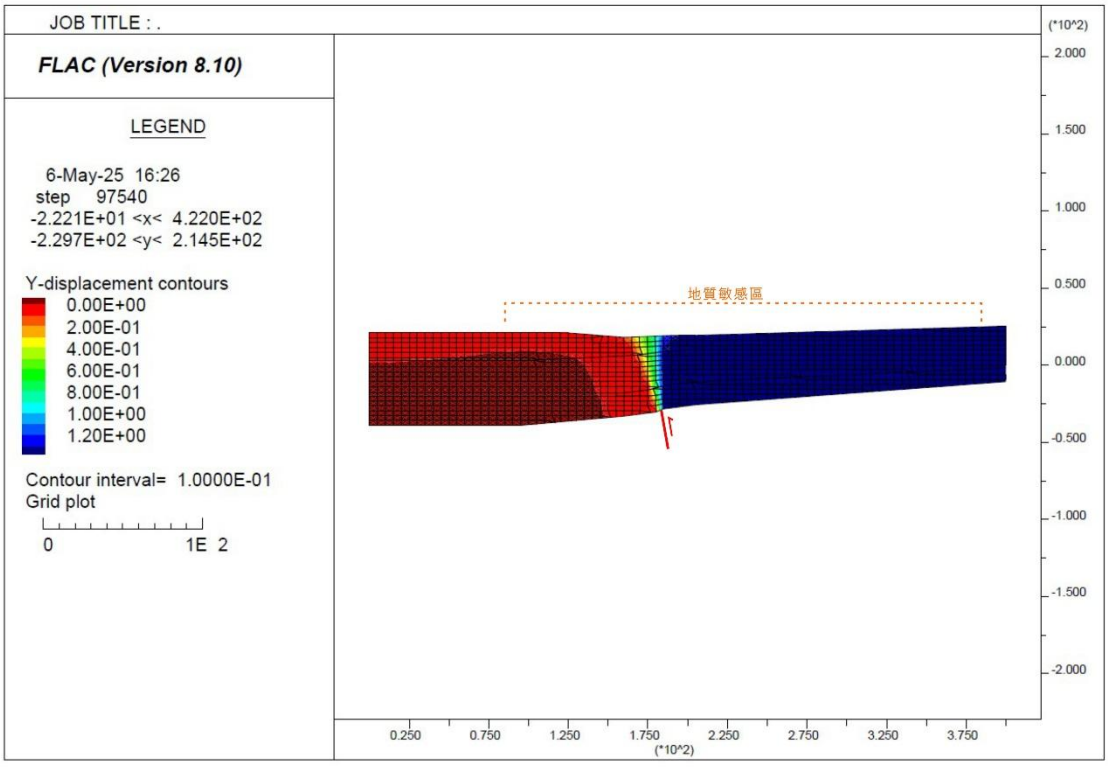


圖 3.4-11 再現周期 2,500 年錯移量 P1 剖面垂直位移分布圖

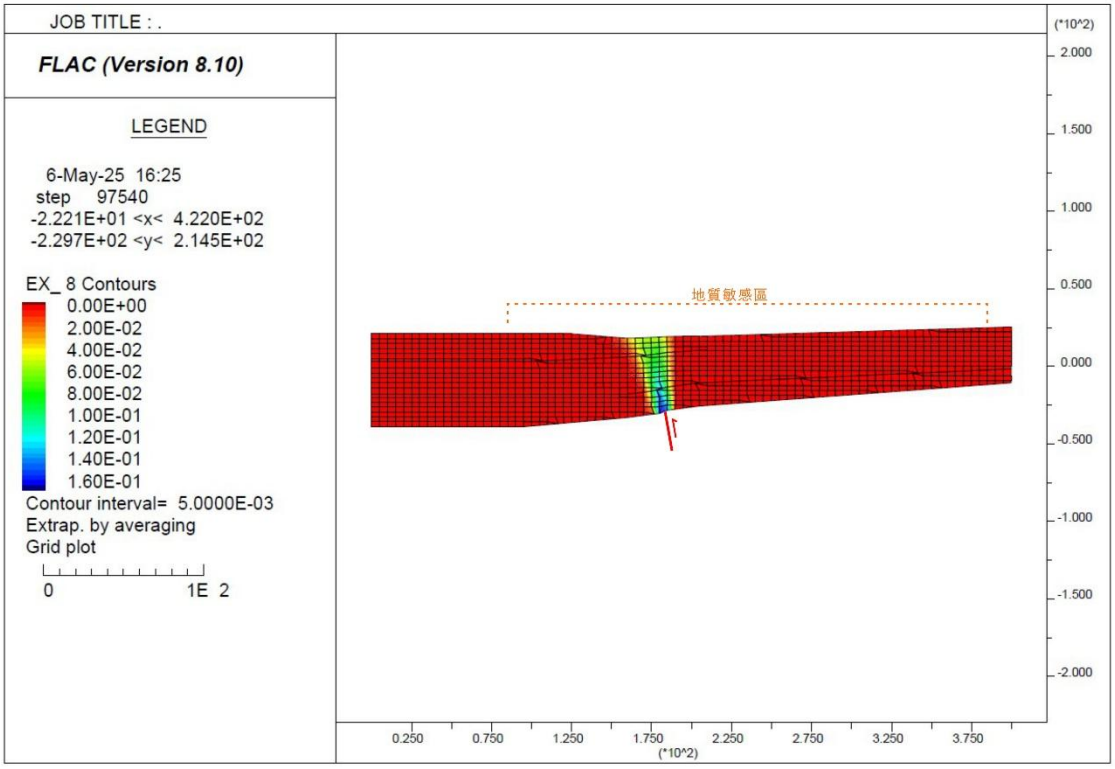


圖 3.4-12 再現周期 2,500 年錯移量 P1 剖面角變量分布圖

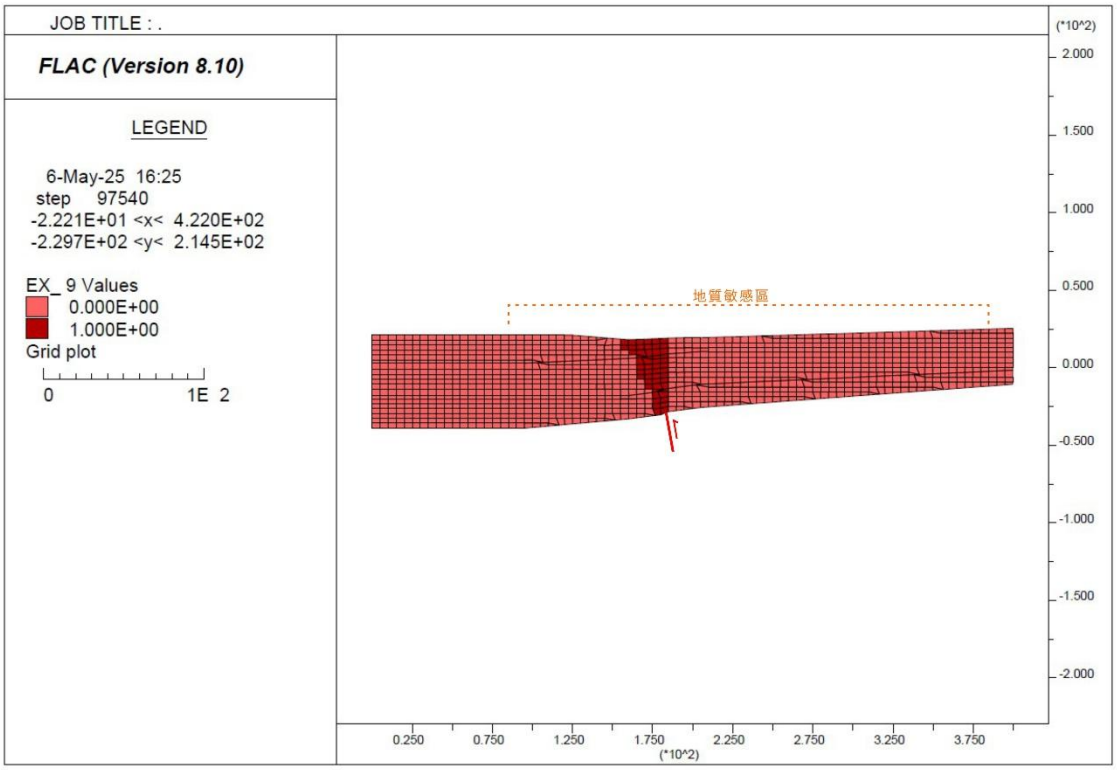


圖 3.4-13 再現周期 2,500 年錯移量 P1 剖面大於容許角變量分布圖

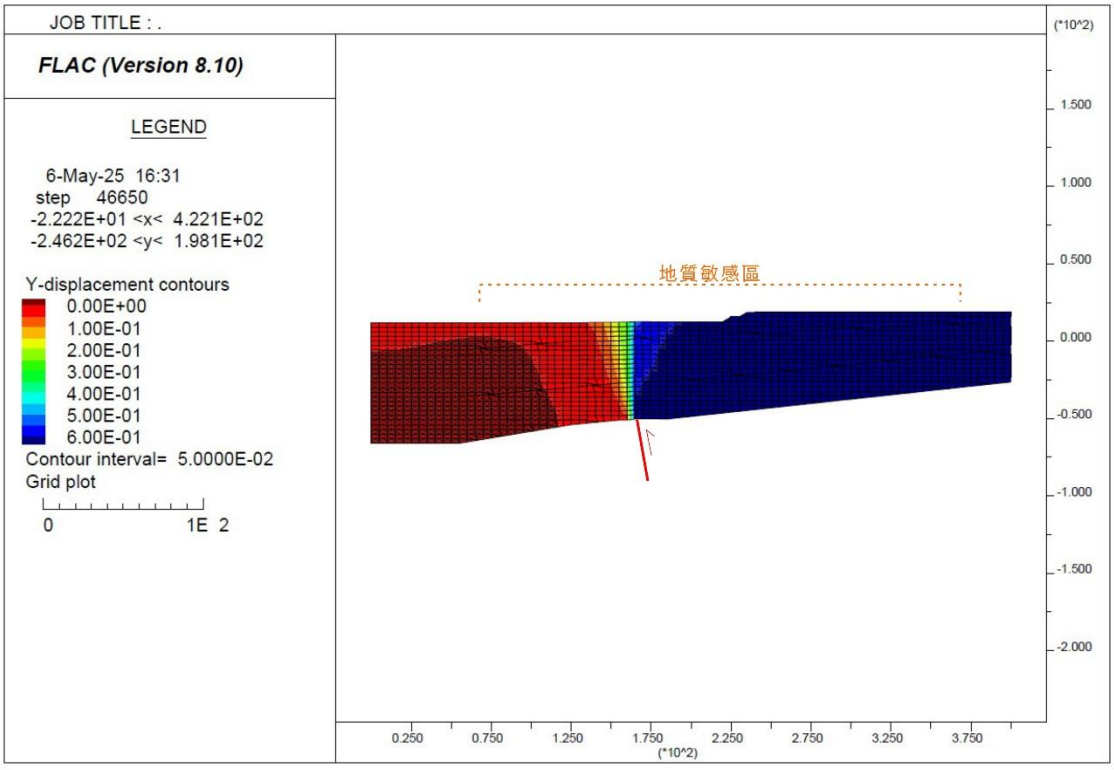


圖 3.4-14 再現周期 475 年錯移量 P6 剖面垂直位移分布圖

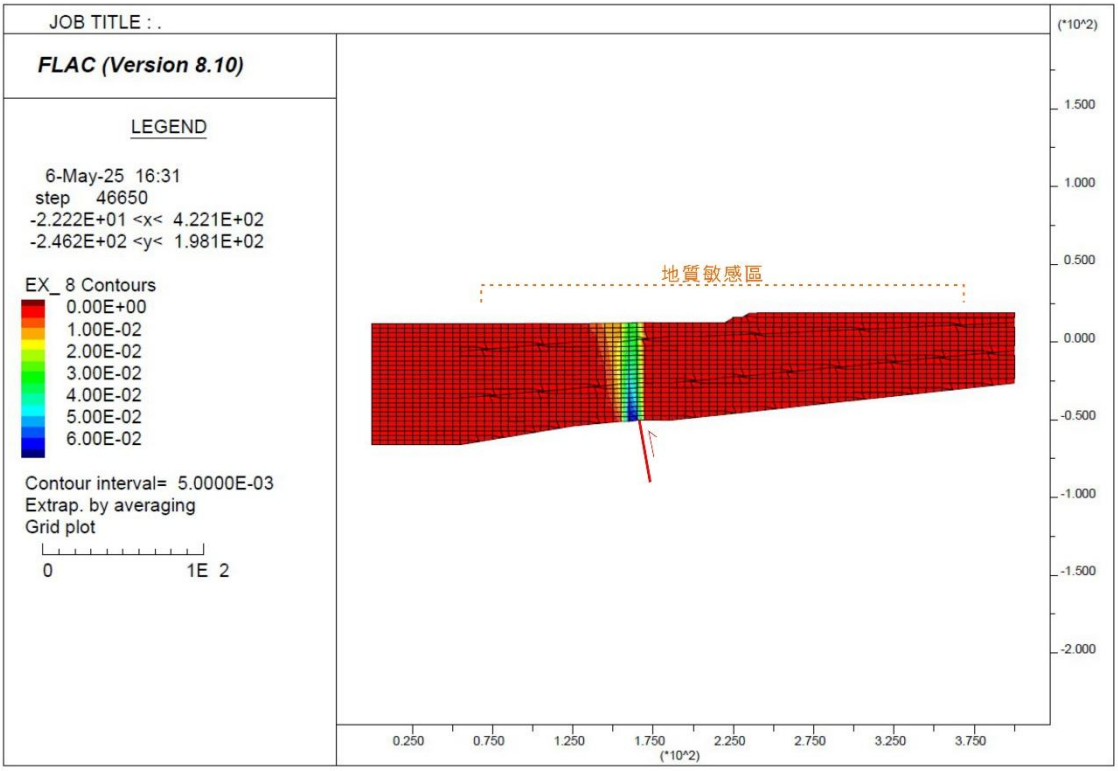


圖 3.4-15 再現周期 475 年錯移量 P6 剖面角變量分布圖

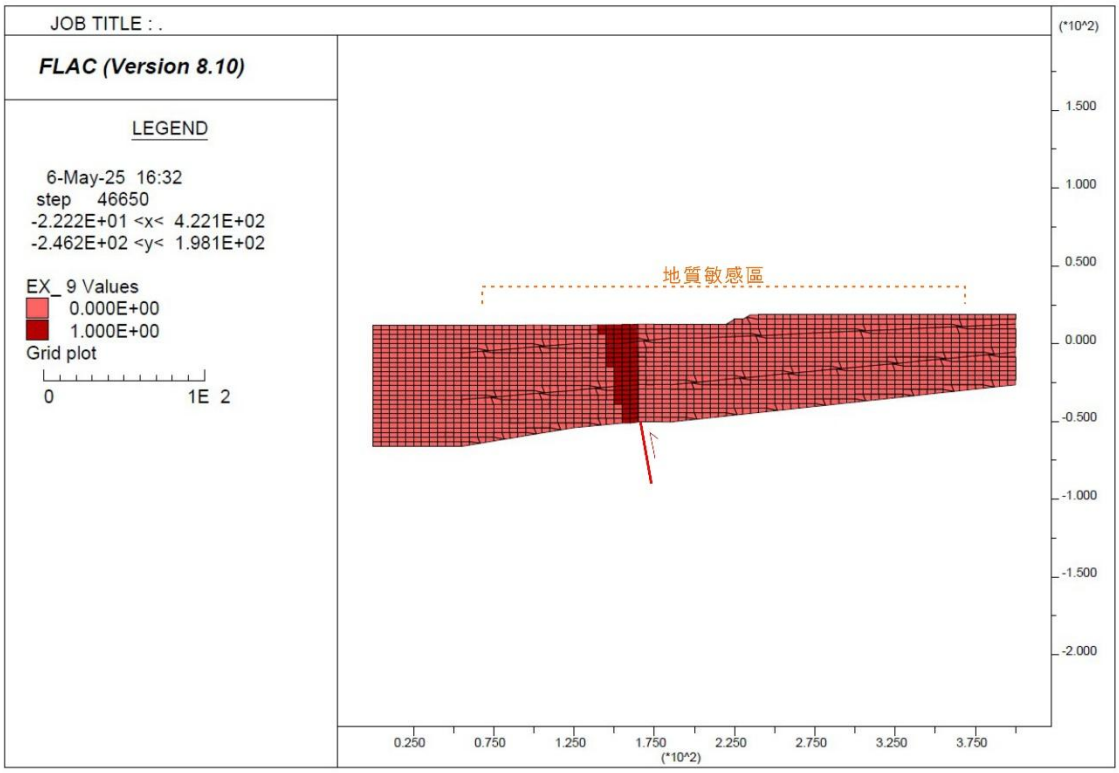


圖 3.4-16 再現周期 475 年錯移量 P6 剖面大於容許角變量分布圖

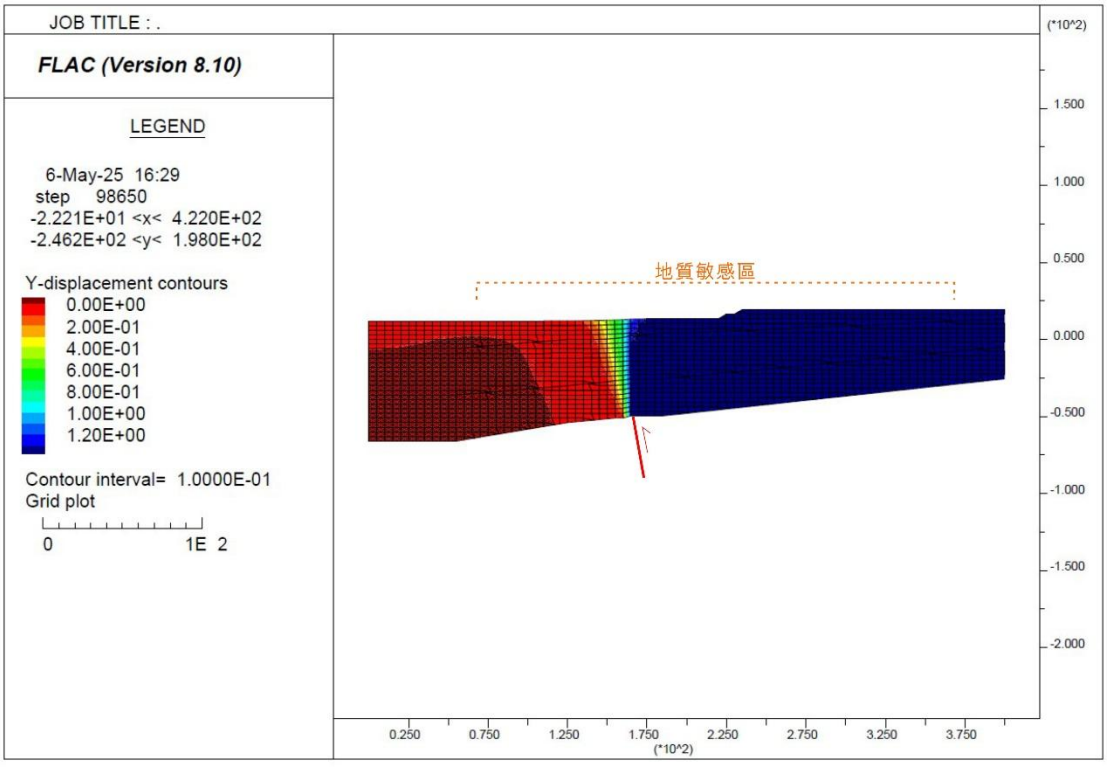


圖 3.4-17 再現周期 2,500 年錯移量 P6 剖面垂直位移分布圖

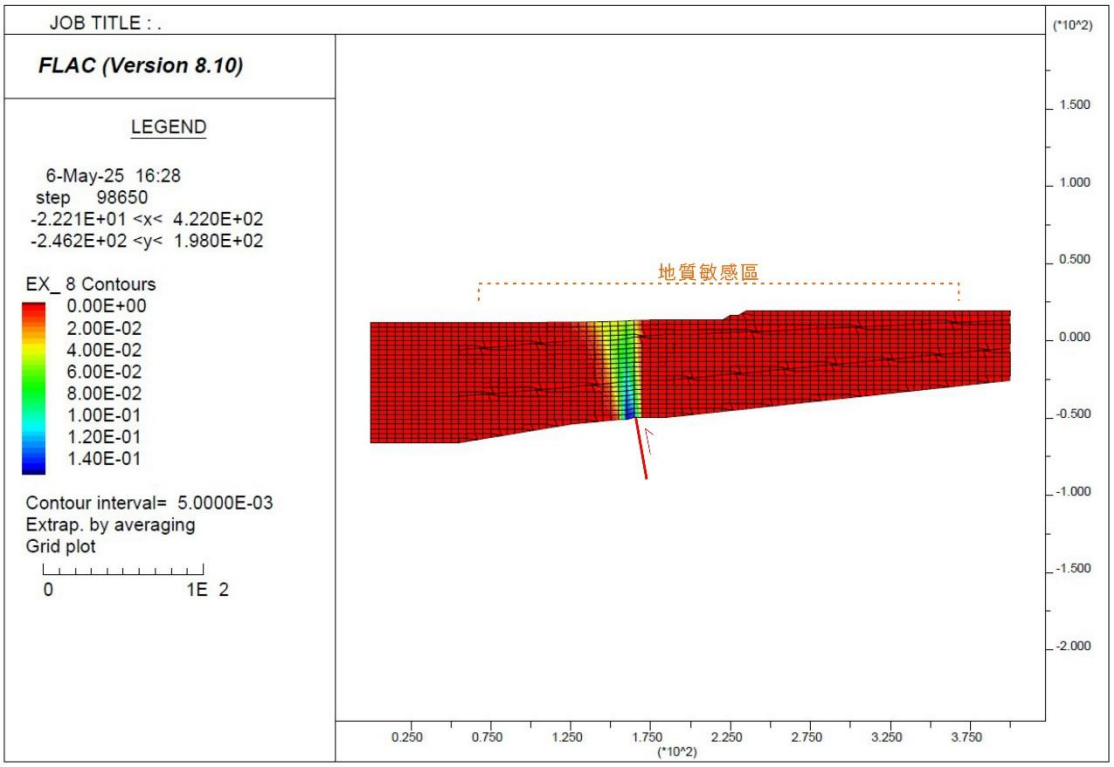


圖 3.4-18 再現周期 2,500 年錯移量 P6 剖面角變量分布圖

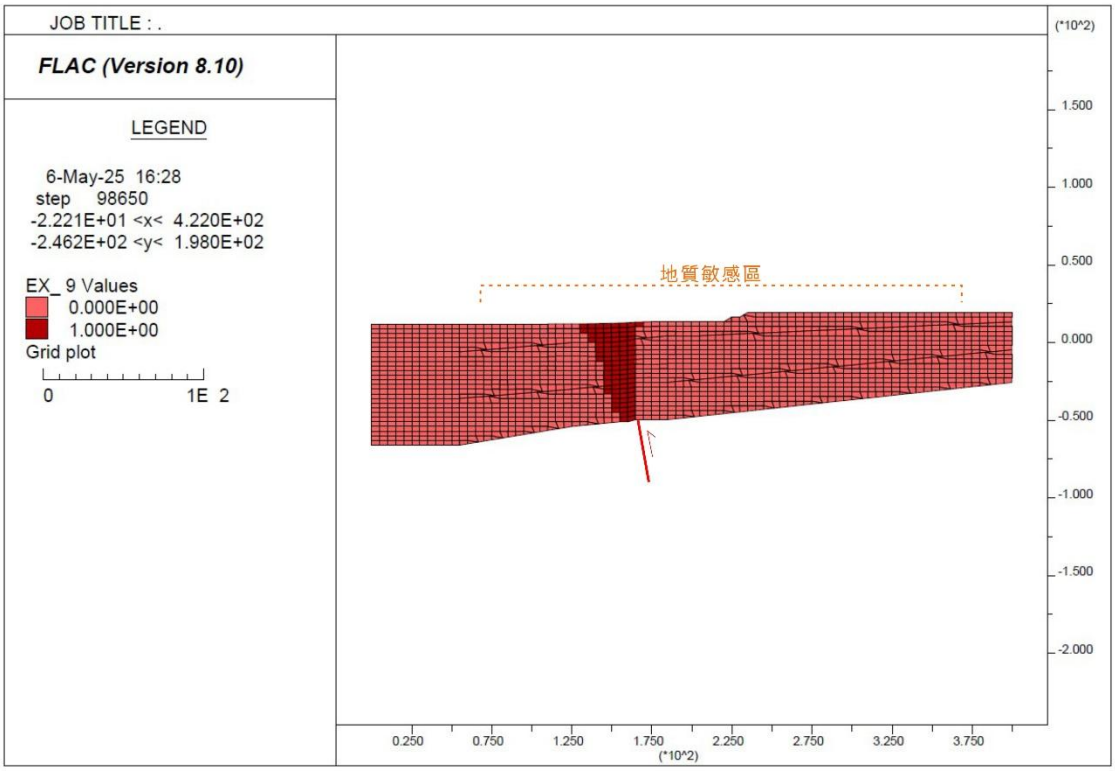


圖 3.4-19 再現周期 2,500 年錯移量 P6 剖面大於容許角變量分布圖

3.5 細部調查成果綜合研判

本案細部調查工作內容包含：(1)地形判釋、(2)露頭調查、(3)地電阻影像剖面探測、(4)地下地質鑽探探查及(5)機率式斷層位移危害度分析與影響範圍數值模擬，茲將各分項成果綜合判釋彙整如圖 3.5-1 至圖 3.5-3，以下就斷層跡延伸位置、斷層活動性及斷層帶影響範圍說明如後。

1. 斷層跡延伸位置

針對車瓜林斷層之細部調查分析成果顯示，綜合地形判釋、地電阻影像剖面與地質鑽探等資料，判釋其地表斷層跡延伸位置說明如下。

首先，地形判釋結果顯示，車瓜林斷層大致沿海拔約 23 至 25 公尺之崖階邊緣延伸，至西側上盤地區可觀察到一處南高北低、高差約 3 公尺的地形崖階，該崖階方向與活動斷層走向一致，為斷層活動所造成之地形特徵。其次，地電阻影像剖面共設置 4 條測線，探測結果顯示電性地層 A 層於北側分布深度約 50~80 公尺，南側分布深度約 20~40 公尺，南、北兩側電性地層厚度不一之現象與地質鑽探剖面之沖積層厚度變化大致相符；B 層於北側分布深度在 50~80 公尺之下，南側分布深度約 20~40 公尺之下，大致亦可與地質鑽探剖面之岩盤相互對比。此外，地電阻影像剖面地層中段出現電性不連續現象，該不連續帶可由地下延伸投影至地表，據此推定車瓜林斷層斷層跡位置。最後，地質鑽探剖面成果顯示兩側岩層除高程存在差異外，地層年代亦無法對比，顯示具明顯地層不連續性，此為斷層錯動之證據，各剖面斷層跡投影至地表後之具體位置如下，其連線位置即為車瓜林斷層之斷層跡延伸位置：

(1) P1 剖面：CTB-2 與 CTB-3 間
(2) P2 剖面：CTB-8 與 CTB-6 間
(3) P3 剖面：CTB-9 與 CTB-10 間
(4) C1 剖面：CTB-15 與 CTB-14 間
(5) P4 剖面：CTB-17 與 CTB-20 間
(6) C2 剖面：CTB-22 與 CTB-21 間
(7) P5 剖面：QTB-A2 與 CTB-23 間
(8) C3 剖面：CTB-27 與 CTB-26 間
(9) P6 剖面：CTB-30 與 CTB-31 間

將上述地電阻影像剖面之電性不連續範圍、地質鑽探判釋之斷層跡、車瓜林斷層地質敏感區劃定計畫書(地礦中心，2023）斷層跡及地質敏感區劃設範圍進行比較(圖 3.5-4)，顯示本計畫判釋之車瓜林斷層斷層跡位置整體與地礦中心公布資料大致相符，然於產 2-3 與產 2-6 區段間，本次判釋之斷層跡較地礦中心資料略偏北，最大差距於 P3 剖面處達約 130 公尺。此外，地形崖階延伸位置整體較地礦中心所示斷層跡位置偏南，距離約 90 至 120 公尺不等，則可能為地表侵蝕作用導致崖線後退所致。

整體而言，本計畫運用地形、地電阻與地質鑽探三種方法所得之斷層跡結果整體相符，並與地礦中心(2023)公告結果大致一致，僅少數區段如 P3 剖面處略有位置差異。而斷層跡與地形特徵走向一致，惟部分區域顯現空間位移，則顯示地形變遷可能對斷層跡的地表表現有所影響。

2. 斷層活動性

本計畫透過六條地質鑽探剖面(P1 至 P6 剖面)建立距今 10,000 年、8,000 年及 6,000 年前之等時線，分析結果顯示，各年代等時線存在高程落差，最大差異達數十公尺，顯示地層自相同年代以來即受構造活動影響而產生變形與錯動。此結果指出，車瓜林斷層自距今 10,000 年前以來即具持續活動紀錄，顯示其為具長期活動性之斷層，搭配鑽探剖面推估之斷層傾角，估算車瓜林斷層自距今 10,000 年前以來之長期滑移速率介於 1.74 至 5.37 mm/yr，然因缺乏距今 6,000 年以後之定年資料，其最近一次的活動時間不詳。

3. 斷層帶影響範圍

本計畫綜合 InSAR 地表形變分析、大地測量監測、地質鑽探資料及數值模擬分析，判釋車瓜林斷層帶之影響範圍說明如下。

依據 InSAR 資料顯示，自 2017 年至 2024 年間，車瓜林斷層持續呈現南側速度略快於北側之右移型潛移活動，南、北兩側速度差約 1~2 cm/yr，速度變化區可視為斷層尖端潛移變形起始位置，其在各剖面上對應至地表所投影位置，與公告地質敏感區部分重疊，於園區東側偏南側而寬度較廣，園區西側則偏中央處但寬度較窄。此外，大地測量監測結果顯示，基地整體位移方向朝西，惟斷層跡南側相對北側有約 1~2cm/yr 向西位移的速度差異，垂直方向則無明顯差異，與 InSAR 觀察結果一致。

地質鑽探成果亦顯示各剖面之鑽孔岩心具明顯變形特徵，包含層面傾角

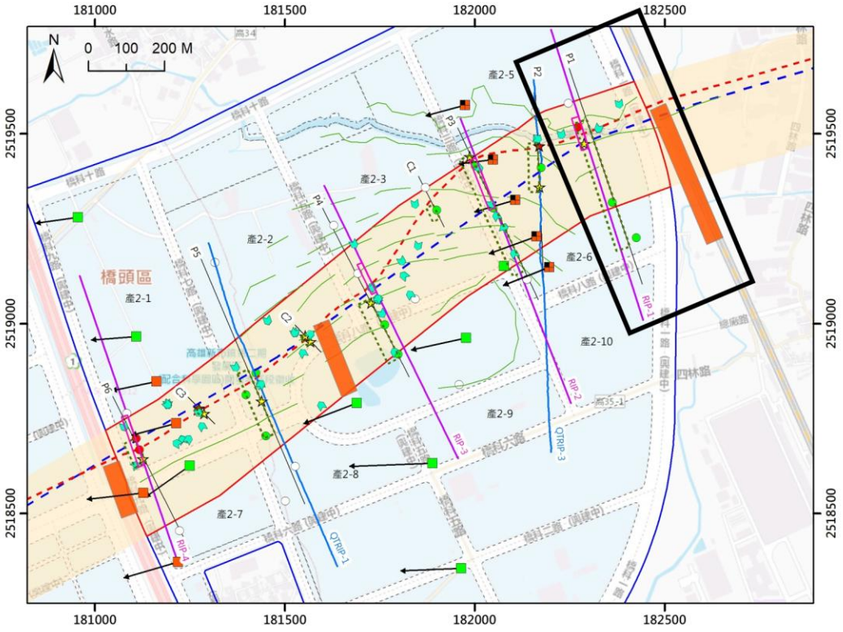
改變、剪切構造分布及岩盤面高程變化等，顯示地層受斷層作用變形影響。受斷層影響之鑽孔範圍如：P1 剖面之 CTB-2 至 CTB-5、P2 剖面之 CTB-8 至 CTB-7、P3 剖面之 CTB-9 至 CTB-11、C1 剖面之 CTB-14、P4 剖面之 CTB-20 至 CTB-19、C2 剖面全部鑽孔、P5 剖面之 CTB-23 至 CTB-24、C3 剖面全部鑽孔及 P6 剖面之 CTB-29 至 CTB-31，岩心中靠近斷層帶位置常見較密集之剪裂構造及地層傾角變化，顯示斷層錯動對地層造成顯著局部變形。另一方面，本計畫採用 PFDHA 所計算再現周期 2,500 年之地表錯移量 1.35 公尺進行 FLAC 數值模擬顯示，斷層錯動所造成之角變量主要集中於斷層跡附近，以容許角變量(1/150)作為評估之變形範圍寬達 40 公尺，分布於斷層跡上盤約 15 公尺與下盤約 25 公尺。此一模擬結果顯示地表受錯動影響之變形集中於斷層跡周圍，與岩心紀錄中靠近斷層帶具有較多剪裂構造之位置相符。

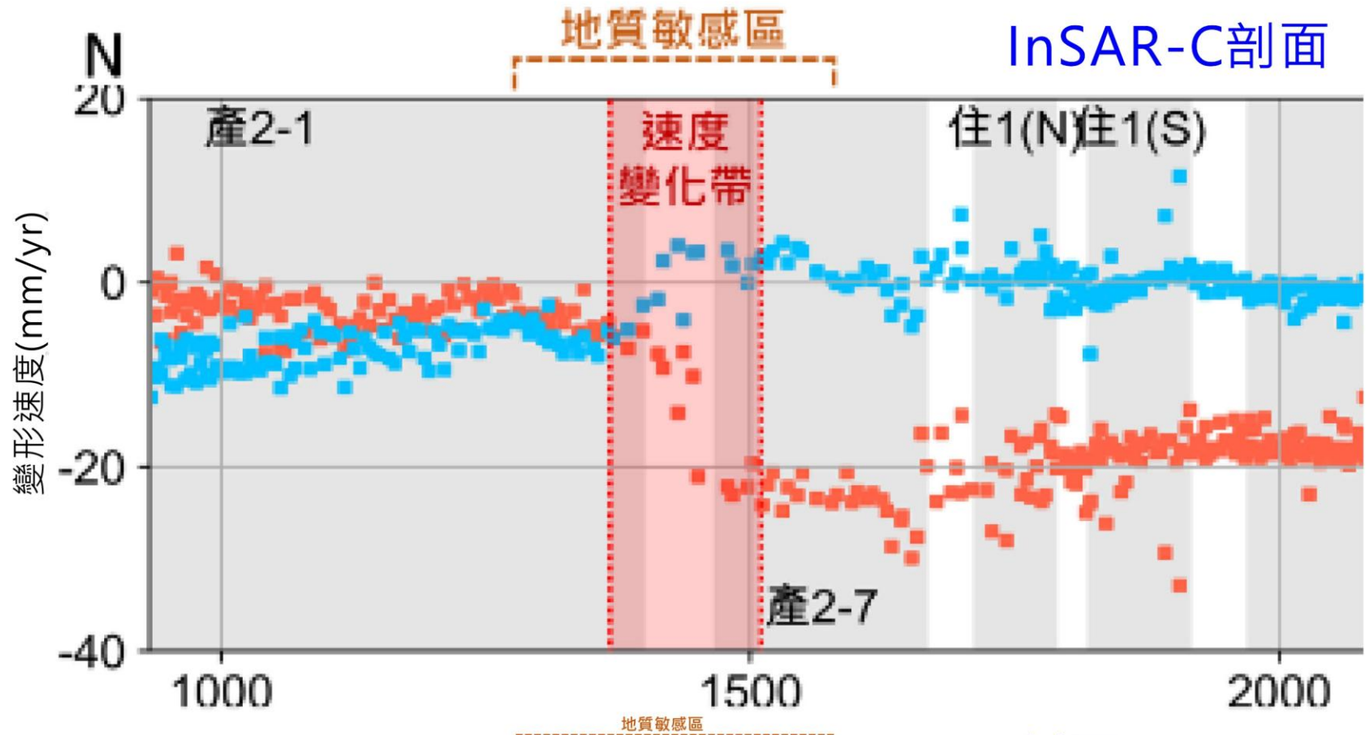
綜合以上調查與分析成果，車瓜林斷層之斷層帶影響範圍並非對稱分布於斷層跡兩側(圖 3.5-5)，而是包含斷層跡但主要集中於斷層跡南側區域，斷層帶範圍大致呈帶寬 180~415 公尺，以東寬西窄之條帶狀穿越本基地。

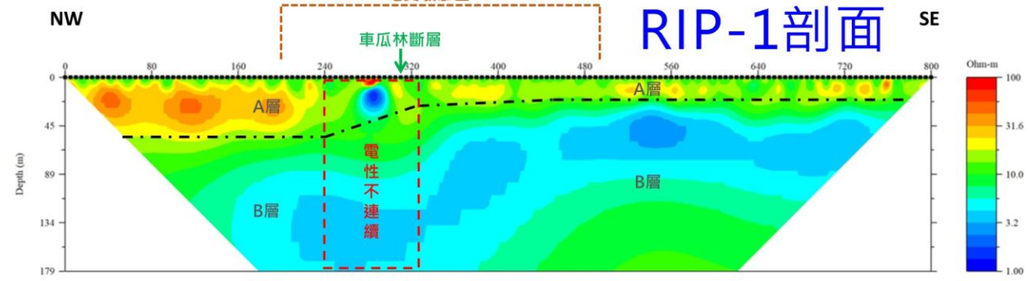
4. 細部調查成果圖

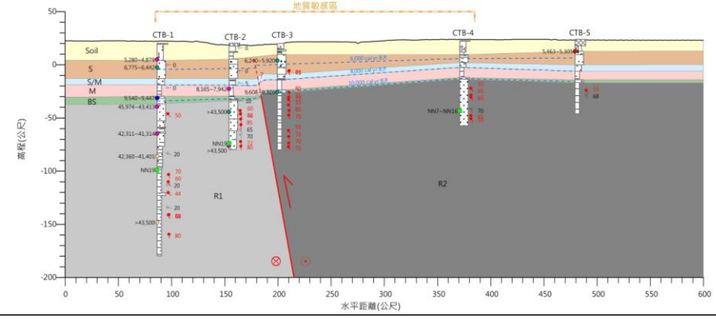
依據細部調查綜合研判成果繪製之細部調查地質圖與細部調查岩盤岩性組合圖如圖 3.5-6 與圖 3.5-7 所示。

園區東側









鑽探P1剖面

圖 例

車瓜林斷層
- 車瓜林斷層(地礦中心，2023)
- 本計畫推估斷層跡
- 地質敏感區範圍

本計畫範圍
- 基地範圍
- 細部調查範圍

本計畫調查
- 現地查核點位
- 崖階地形判釋
- 新設GPS監測站與角反射器共站
- 新設GPS監測站
- 年均水平位移速率(mm/yr)
- InSAR速度變化帶
- 地電阻測線位置
- 地電阻不連續範圍
- 地質鑽探剖面線
- 鑽探剖面斷層帶影響範圍

鑽孔岩心特徵
- 沖積層及岩盤均有剪切紋理；更新世岩盤層面變陡
- 沖積層及岩盤均有剪切紋理
- 岩盤有剪切紋理；更新世岩盤層面變陡
- 岩盤有剪切紋理
- 岩盤無或僅有輕微剪切紋理

環評階段調查
- 環評GPS監測站
- 地電阻測線位置

圖 3.5-1 細部調查成果綜合判釋圖(園區東側)

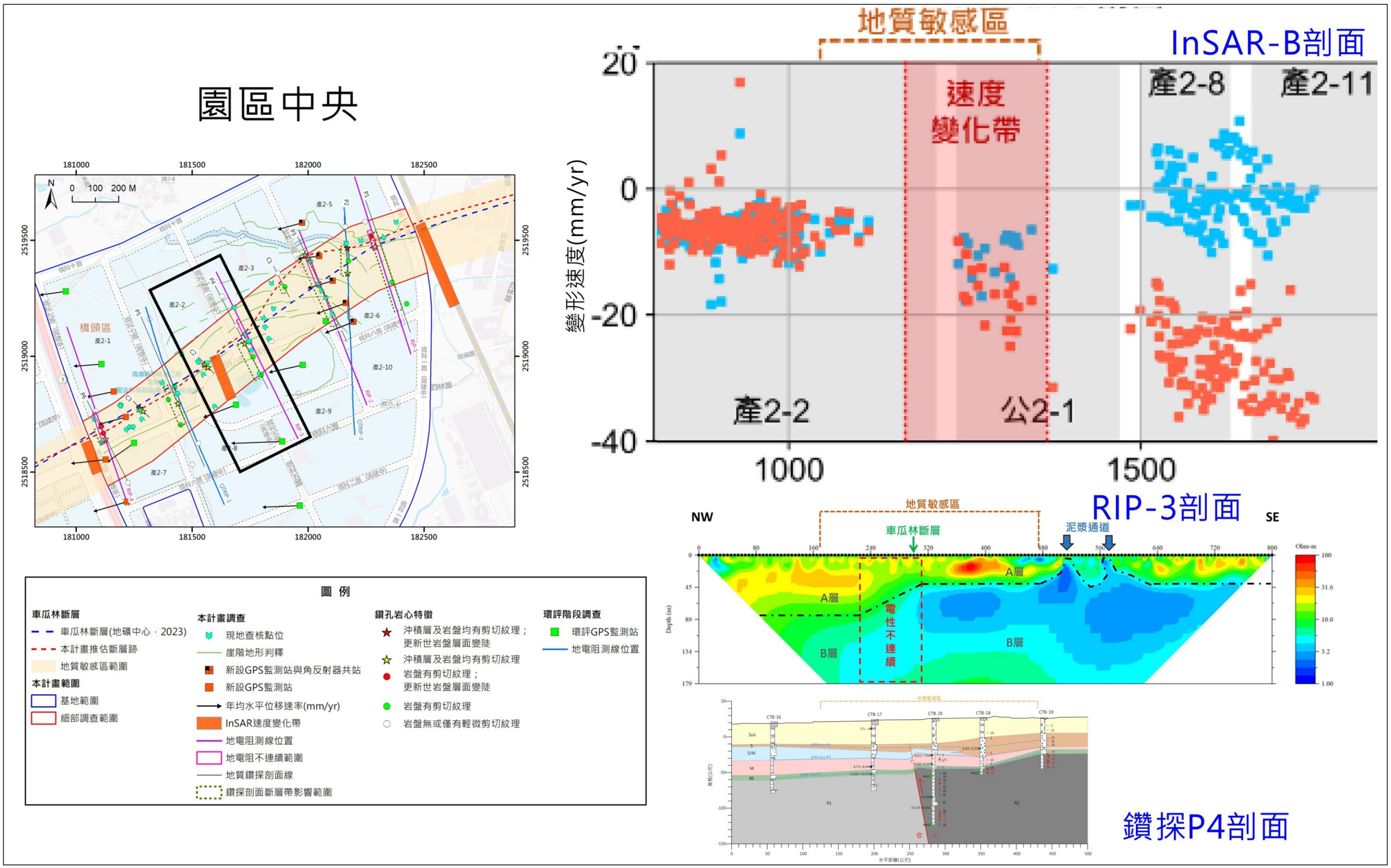
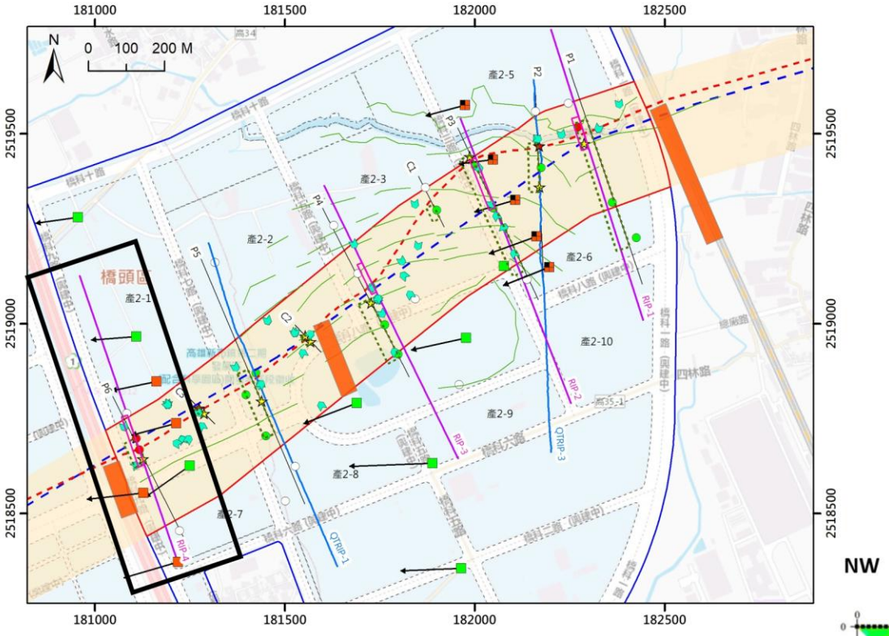
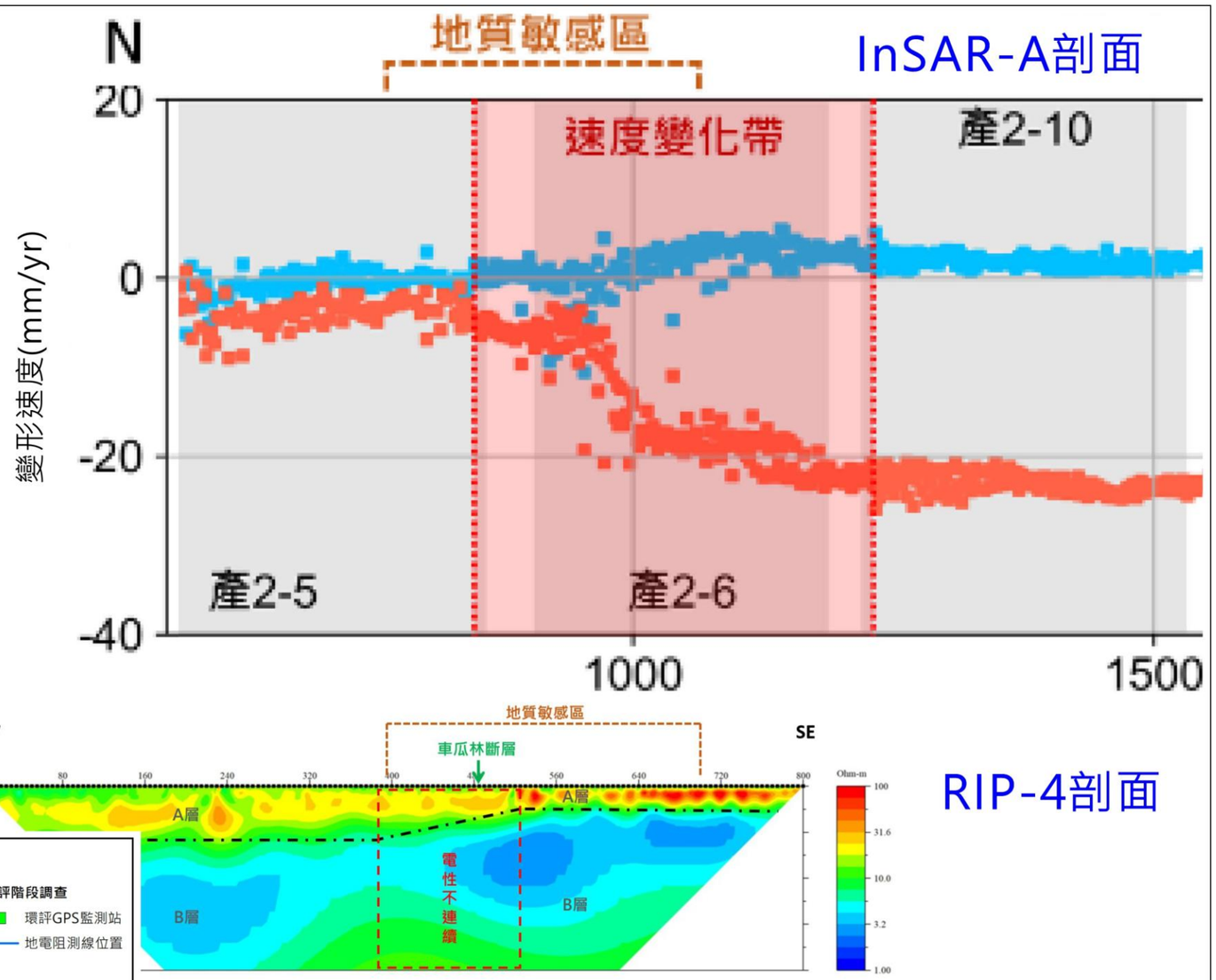


圖 3.5-2 細部調查成果綜合判釋圖(園區中央)

園區西側





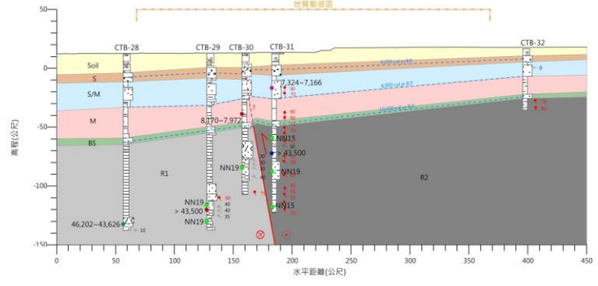




圖 3.5-3 細部調查成果綜合判釋圖(園區西側)

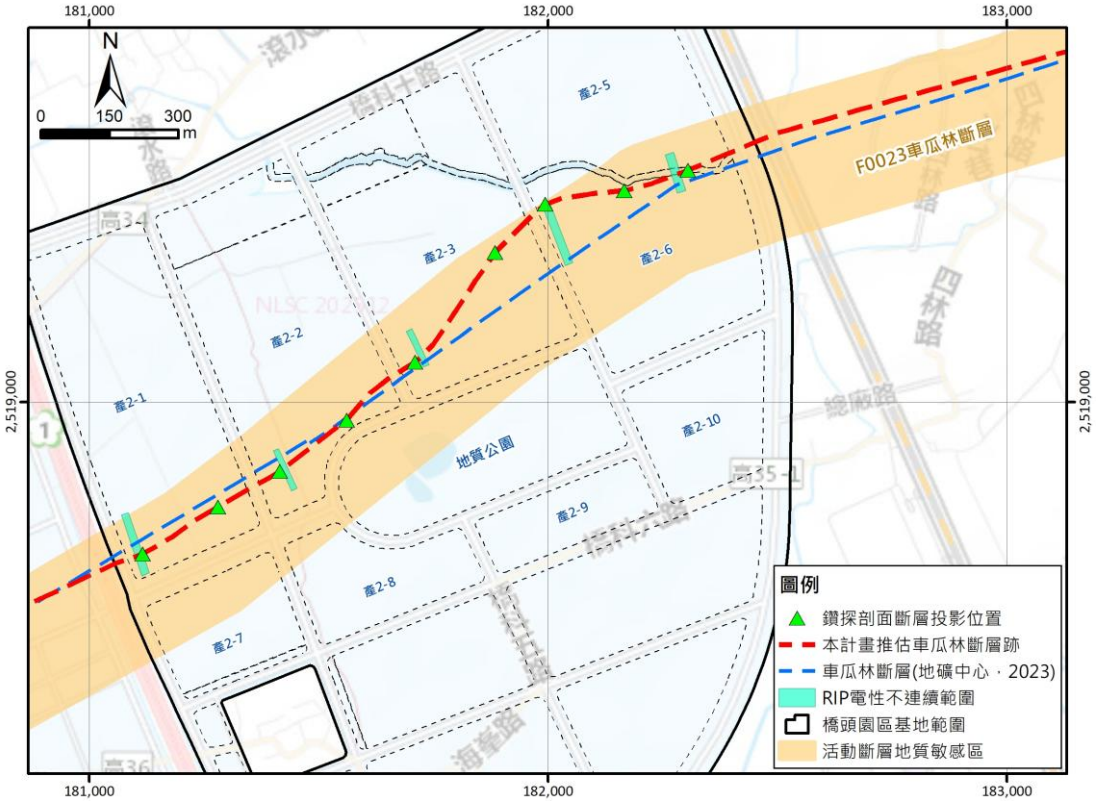


圖 3.5-4 斷層跡延伸位置調查成果對比圖

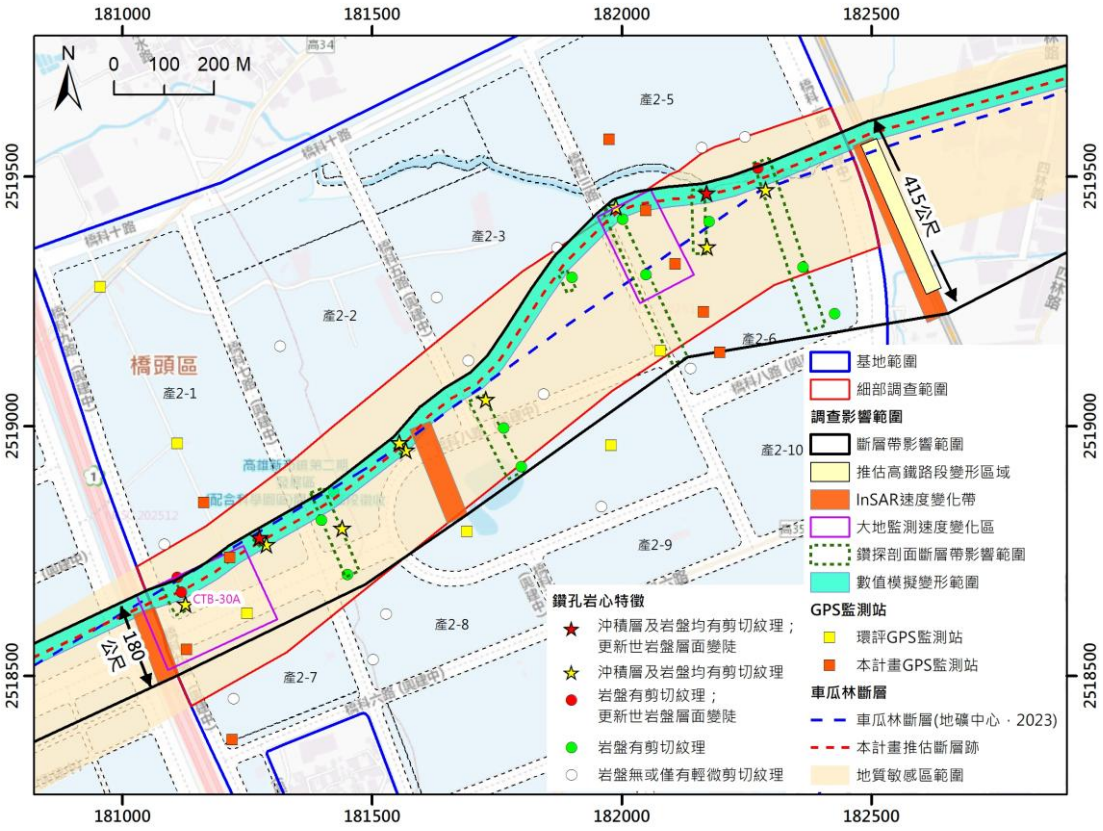
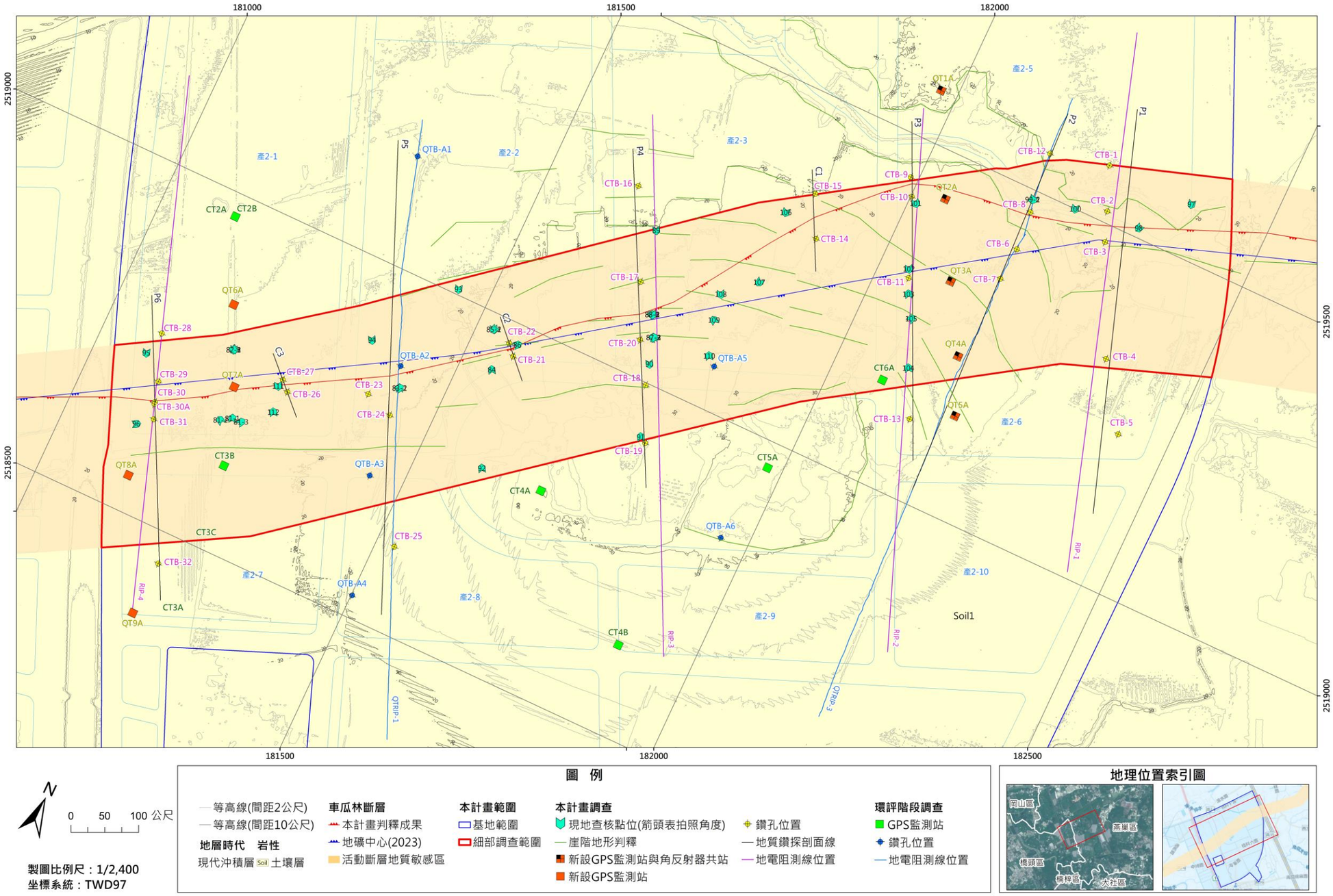


圖 3.5-5 斷層帶影響範圍調查成果對比圖

細部調查地質圖



N

0 50 100 公尺

製圖比例尺：1/2,400
坐標系統：TWD97

圖 例

- 等高線(間距2公尺)
- 等高線(間距10公尺)

地層時代 岩性

現代沖積層 Soil 土壤層

車瓜林斷層

- 本計畫判釋成果
- 地礦中心(2023)
- 活動斷層地質敏感區

本計畫範圍

- 基地範圍
- 細部調查範圍

本計畫調查

- 現地查核點位(箭頭表拍照角度)
- 崖階地形判釋
- 新設GPS監測站與角反射器共站
- 新設GPS監測站
- 鑽孔位置
- 地質鑽探剖面線
- 地電阻測線位置

環評階段調查

- GPS監測站
- 鑽孔位置
- 地電阻測線位置

地理位置索引圖

圖 3.5-6 細部調查地質圖(縮圖)

細部調查岩性組合圖

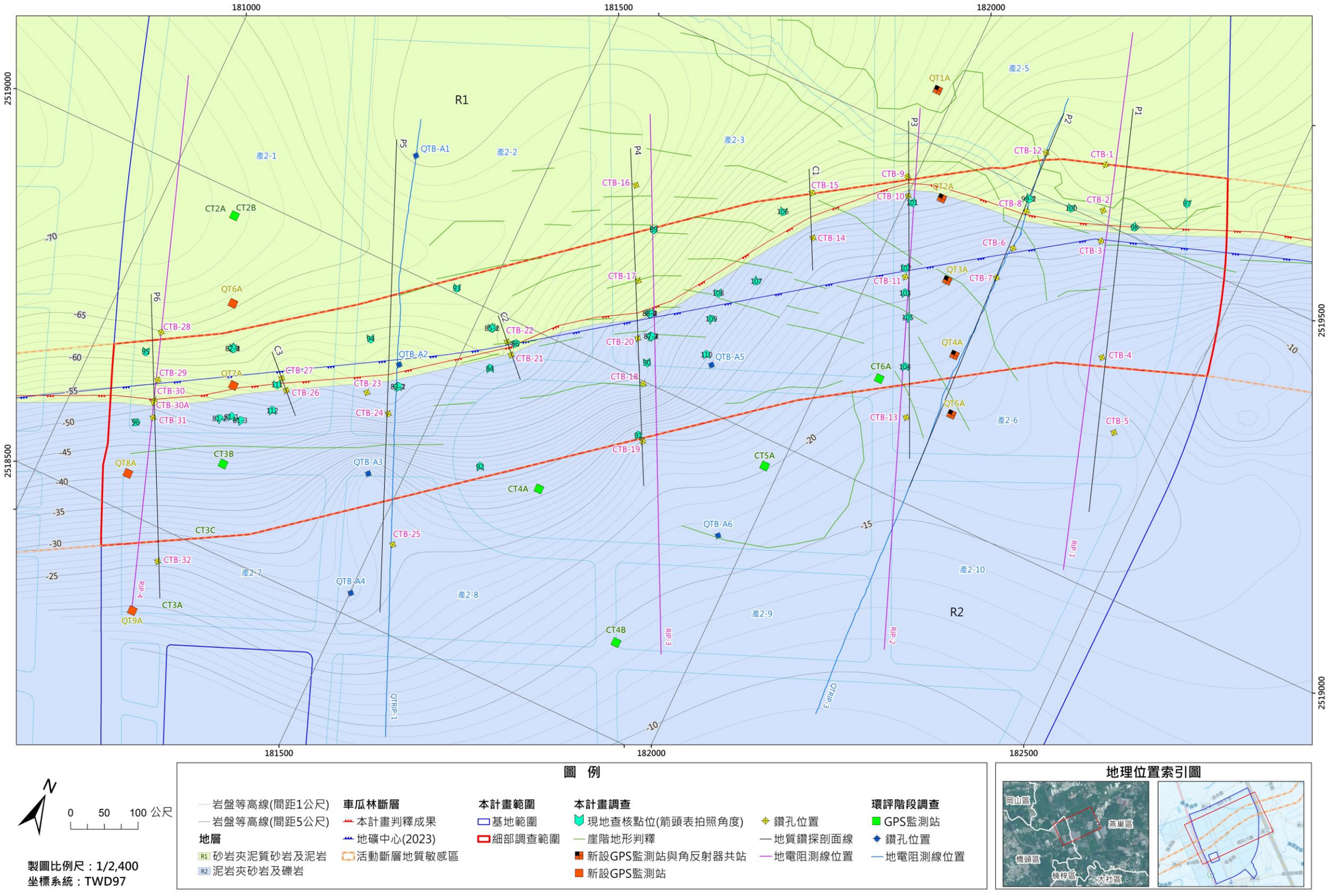


圖 3.5-7 細部調查岩盤岩性組合圖(縮圖)

第四章 基地地質安全評估

4.1 開發行為安全評估

地礦中心公告之車瓜林斷層活動斷層地質敏感區(2023)大致以東北-西南向橫貫本基地，惟公告之地質敏感區範圍係依廣域性地質資料劃設，受限於比例尺及探查精度，對於基地內斷層實際分布及影響範圍的掌握仍有不足。據此，本計畫綜整地礦中心與相關學術機構之研究成果，並結合本計畫完成之地形判釋、現地查核、地電阻影像剖面、地質鑽探及數值模擬結果，確認基地範圍內確有斷層帶通過之跡象，並依據本計畫新增之調查與分析成果，重新評估並車瓜林斷層帶於基地內實際影響範圍，以作為開發行為安全評估之依據。

根據本計畫調查成果，車瓜林斷層帶約以東西向橫貫本基地中央區域，總範圍大致呈帶寬 180~415 公尺，呈現東寬西窄之條帶狀(圖 4.1-1)，由地形判釋、現地調查、鑽探成果及大地監測等成果，評估對基地影響可分為兩種破壞形式，分別為同震期間造成的瞬移破裂，以及間震期間斷層緩慢滑動造成的潛移變形。這兩者在破壞機制與災害模式上有明顯差異：前者屬於快速錯動且具破壞性的錯動或變形，其破壞區域以斷層跡上下盤為主；後則則為緩慢累積的長期地表變形，其變形區域大都位於斷層上盤，影響範圍廣泛，茲就此兩種破壞形式各別說明如下。

一、同震期間錯動：屬於瞬移破裂影響，影響範圍依據機率式斷層位移危害分析成果中，MCE 之錯移量 1.35 公尺進行 FLAC 數值模擬，模擬結果顯示超過容許角變量之變形範圍沿本計畫判釋之斷層跡分布，寬度達 40 公尺，分布於斷層跡上盤約 15 公尺與下盤約 25 公尺(如圖 4.1-1 藍色條帶狀區域)。此範圍內地表變形已超過建築物結構性損壞容許標準，在地震發生時，可能出現地表斷裂、錯動、建築物基礎破壞、樓板傾斜、斷裂等災害模式，具有明顯結構性損壞風險。

二、間震期間變形：屬於潛移變形影響，影響範圍依據 InSAR 地表形變分析與大地監測結果，判釋地表變形速度與趨勢。根據 InSAR 速度變化帶、

GPS 測點觀測具水平方向位移速度開始增大之現象，並綜合地質鑽探剖面地層剪切錯移的地質條件分析，推估潛移影響範圍大致位於斷層跡南側(如圖 4.1-1 紫色條帶狀區域) ，西側寬度約 145 公尺，東側約 380 公尺，大致上呈現東寬西窄之條帶狀分布。潛移影響範圍內雖不具瞬時明顯地表破裂之特徵，但因斷層長期累積的小幅滑移與地層變形，可能造成建築結構與設施在無預警情況下逐漸受損。潛在災害型態包括：建築物產生不均勻沉陷、基礎扭曲、牆面與柱體出現龜裂、門窗錯位變形、地下管線被拉斷或彎曲，亦可能導致鋪面道路隆起、龜裂或局部沉陷，進而影響建築物與基礎設施之功能與耐久性。然近期現地調查顯示，鄰近斷層之結構物受到潛移變形影響範圍仍有高度不確定性，其可能視區域性地下材料或不同結構物特性等因素，導致潛移區域可能與大地監測評估之範圍有所差異，故後續結構配置鄰近潛移影響範圍仍須考量潛移之影響。

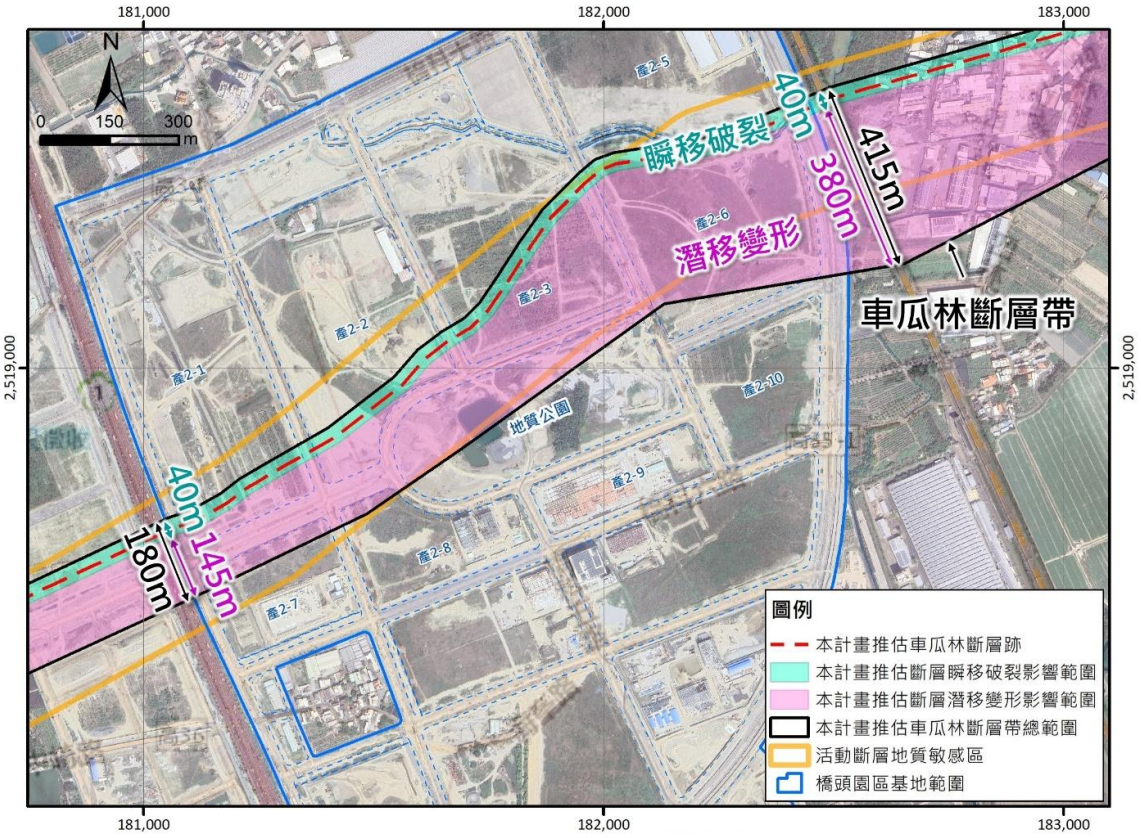


圖 4.1-1 本計畫綜合評估之車瓜林斷層斷層帶影響範圍圖

4.2 處理對策

本計畫基地與活動斷層地質敏感區重疊範圍內之土地使用主要分為三類，包括道路、公園綠地及產業專用區，其中產業專用區為未來主要開發區域，專用區涉及敏感區面積詳表 4.2–1 及圖 4.2–1；另依據本計畫瞬移破裂範圍及潛移變形範圍調查結果劃設之車瓜林斷層帶，套疊各產業專用區之重疊範圍及面積詳圖 4.2–2 及表 4.2–2。

由於地質敏感區公告的意義為依法規規定，落實地質環境調查、預防災害及減輕災害之安全設施規劃，而非強制限制開發，故在法規面，依各條現行法規實施活動斷層帶建築管制的規範對象(表 4.2-3)，本計畫基地並未涉及規範，而本計畫相關之「高雄市政府的高雄新市鎮特定區第二期細部計畫(科學園區部分)都市設計規範」及「高雄市建築管理自治條例」中，亦未針對活動斷層訂有相關土地及建築管理規範，然《建築技術規則》第 262 條中明列，可依活動斷層歷史最大地震規模作為劃定兩側不德開發建築範圍之依據，雖車瓜斷層並無歷史地震紀錄，本計畫仍可依機率式斷層位移分析成果中，以斷層長度推估斷層瞬移破裂最大可能之地震規模為 6.64，在《建築技術規則》第 262 條中規定，活動斷層地震規模(M)介於 7 > M≧6，斷層帶兩外側邊各 50 公尺為不得開發建築之範圍，因地震代表發生同震變形，故該範圍可作為本計畫瞬移破裂範圍因應作為的參考之一；在實際案例面，由於本計畫基地屬於科學園區建設，且為高雄新市鎮都市計畫的一部分，故蒐集同為科學園區之新竹科學園區針對新城斷層活動斷層地質敏感區的管制方式(表 4.2-4)及其他既有都市計畫針對活動斷層的土地使用分區要點規定(表 4.2-5)，在案例中可見，均屬於針對斷層瞬移破裂範圍的禁限建規定，規定寬度多為斷層帶兩側各 50 公尺，與前段依地震規模的範圍劃設相同，而目前尚無針對斷層潛移變形範圍的因應作為，故本計畫依潛移變形範圍外呈穩定速度狀態，而範圍內的位移速度差異易導致建築旋轉、變形及破裂等影響做為參考，鑑於斷層錯動造成之瞬間災害及潛移變形造成之持續性損傷，現階段尚無法以工程技術加以完全克服，同時考量斷層再活動時錯動影響範圍之不確定性，初步提出三種因應管制方式(說明如表 4.2–7)作為後續都市計畫通盤檢討之參考，禁建範圍及套疊各產業專用區之重疊面積詳圖 4.2–2 及表 4.2–2。

本計畫將依南科管理局於民國 114 年 8 月 21 日與高雄市政府、內政部國土管理署、台灣糖業(股)公司及地礦中心等單位之研商會議會議紀錄(南建字第 1140031262 號函)結論：「在本報告經第三方審查後，檢送予各單位知悉，並由內政部國土管理署納入高雄新市鎮特定區都市計畫通盤檢討規劃辦理」，而最終針對斷層帶之因應措施方式，將在通盤檢討後決定。

至於基地內建築物耐震設計，則建議參考國震中心(2022.09)「新版建築物耐震設計規範對近斷層區域耐震需求之修訂」之建議考量耐震設計之近斷層鎮區係數：「車瓜林近斷層區域可適用旗山斷層近斷層震區細係數」；而本就涉及地礦中心公告的 F0023 車瓜林斷層活動斷層地質敏感區者，則無論是否位於本計畫劃設之斷層帶，開發單位均需依地質法相關規定進行基地地質調查及地質安全評估，而調查及評估內容雖可參酌引用本報告成果，惟本計畫所推估之車瓜林斷層帶，係利用現階段依法規劃合理調查工作之成果所做的合理研判，因斷層活動與變形影響範圍具有一定程度之不確定性，未來園區內之開發工程應針對相關設施規劃內容，依法辦理必要之補充地質調查，提高調查精度及研擬具體有效之因應對策，以進一步提高設施安全性，降低災害風險與損失。

由於基地未來之開發及建築行為尚無完整資訊，為提供後續園區開發行為對於車瓜林斷層活動影響之因應對策參考，本計畫擬依橋科環評階段內容及目前國土署整地工程計畫實際執行內容，說明及建議各類用地之處理對策如下。

1. 道路：配合現有地形及整地高程，採用平面道路通過車瓜林斷層帶。
2. 公園綠地：主要為泥火山地質公園(公 21)，於橋科環評階段即說明，公園內將保留泥火山原始地形地貌，故將不會有大規模開發及廠商進駐，周邊臨路側設置緩衝林帶，緊鄰之產業專用區用地亦至少預留 10 公尺以上之退縮綠帶，以避免工程與地質活動間相互影響。
3. 產業專用區
   (1) 用地與車瓜林斷層帶範圍重疊：管制進駐廠商建設廠房相關建築結構設施，並考慮多採較低度的開發利用如廠內平面道路、公園、綠地廣場及停車場等平面設施。

(2) 用地與活動斷層地質敏感區重疊：進駐廠商仍需依地質法相關規定及自身廠房配置設計進行基地地質調查及地質安全評估，並可斟酌參考引用本報告內容。

(3) 用地未與車瓜林斷層帶及活動斷層地質敏感區重疊：應依最新的建築技術規則及耐震設計規範，並參考國震中心(2022.09)「新版建築物耐震設計規範對近斷層區域耐震需求之修訂」之建議考量近斷層場址之震區係數，惟規範規定為最低之耐震設計要求，進駐廠商應充分認知未來可能遭遇之最大地震力風險，考量妥適之耐震設計標準，以降低可能之災害風險與損失。

(4) 有鑑於車瓜林斷層近期以潛移活動為主，建議未來可於產業專用區進行相關監測項目，以提供各項廠房及設施進行定期檢修維護之參據，相關監測項目包括：(a)區域構造監測方面，建議設置 GPS，監測斷層潛移持續活動狀況，以即時取得位移數據；(b)結構安全監測方面，建議設置結構傾斜計、伸縮縫變位計及水準測量樁點，藉以評估結構變位狀況；(c)維生管線監測方面，在重要管線如瓦斯、高壓電及自來水管等，建議設置管線應變/變位監測，並在柔性接頭處安裝感測器，量測變形量。

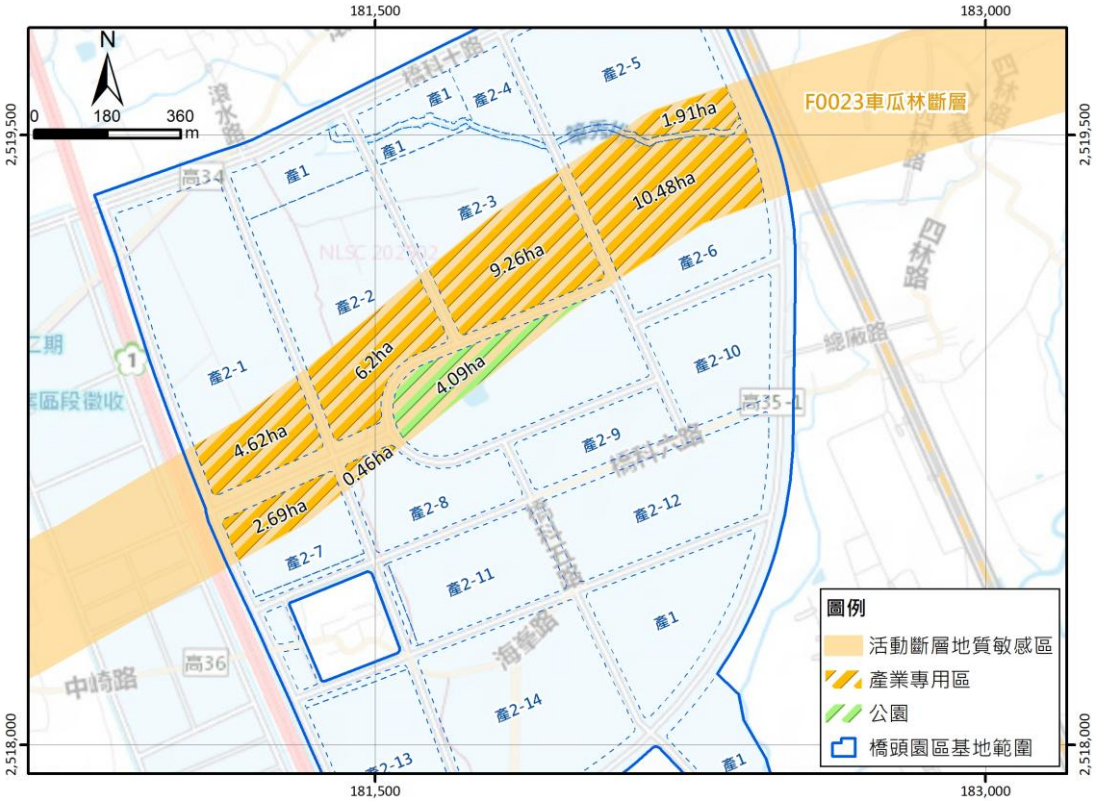


圖 4.2–1 產業專用區與敏感區重疊面積分布圖

表 4.2–1 產業專用區與活動斷層地質敏感區重疊面積一覽表

編號	土地面積(a)	與敏感區重疊面積(b)		剩餘未涉及敏感區面積(a-b)
	公頃	公頃	佔比(b/a)	公頃
產 2-1	20.81	4.62	22.2%	16.19
產 2-2	17.55	6.20	35.3%	11.35
產 2-3	17.21	9.26	53.8%	7.95
產 2-5	15.41	1.91	12.4%	13.5
產 2-6	15.83	10.48	66.2%	5.35
產 2-7	6.27	2.69	42.9%	3.58
產 2-8	6.69	0.46	6.9%	6.23

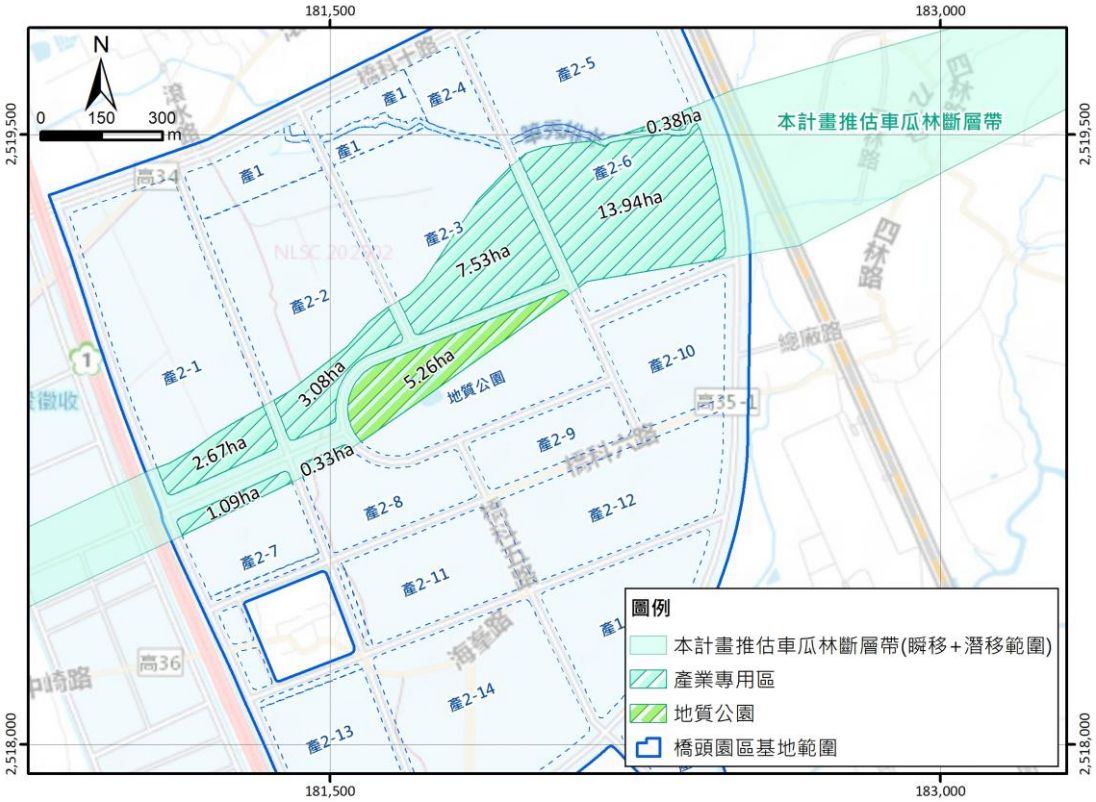


圖 4.2–2 產業專用區與本計畫推估斷層影響範圍重疊面積分布圖

表 4.2–2 產業專用區與本計畫推估斷層帶重疊面積一覽表

編號	土地面積(a)	與本計畫推估斷層帶重疊面積(b)		剩餘未涉及斷層帶面積(a-b)
	公頃	公頃	佔比(b/a)	公頃
產 2-1	20.81	2.67	12.83%	18.14
產 2-2	17.55	3.08	17.55%	14.47
產 2-3	17.21	7.53	43.75%	9.68
產 2-5	15.41	0.38	2.47%	15.03
產 2-6	15.83	13.94	88.06%	1.89
產 2-7	6.27	1.09	17.38%	5.18
產 2-8	6.69	0.33	4.93%	6.36

表 4.2-3 有關活動斷層帶建築管制現行法規

<table>
<tr><th>規範名稱</th><th colspan="2">相關法條摘錄</th><th>基地涉及法規狀況說明</th></tr>
<tr><td rowspan="2">實施區域計畫地區間築管理辦法</td><td>規範對象</td><td>第 2 條
區域計畫範圍內已依區域計畫法第十五條第一項劃定使用分區並編定各種使用地之地區。</td><td rowspan="2">本計畫基地為高雄新市鎮都市計畫中的科學園區開發，為都市計畫的一部分，故不屬於區域計畫範疇。</td></tr>
<tr><td>管制內容</td><td>第 4-1 條
活動斷層線通過地區，當地縣（市）政府得劃定範圍予以公告，並依左列規定管制：
一、不得興建公有建築物。
二、依非都市土地使用管制規則規定得為建築使用之土地，其建築物高度不得超過二層樓、簷高不得超過七公尺，並限作自用農舍或自用住宅使用。</td></tr>
<tr><td rowspan="2">建築技術規則建築設計施工編</td><td>規範對象</td><td>山坡地</td><td rowspan="2">本計畫基地位於平原區，非屬山坡地範圍。</td></tr>
<tr><td>管制內容</td><td>第 262 條
山坡地有下列各款情形之一者，不得開發建築。但穿過性之道路、通路或公共設施管溝，經適當邊坡穩定之處理者，不在此限：
三、活動斷層：依歷史上最大地震規模（M） 劃定在下表範圍內者：
<table>
<tr><td>歷史地震規模</td><td>不得開發建築範圍</td></tr>
<tr><td>M≥7</td><td>斷層帶兩外側各 100 公尺</td></tr>
<tr><td>7>M≥6</td><td>斷層帶兩外側各 50 公尺</td></tr>
<tr><td>M<6 或無記錄</td><td>斷層帶兩外側各 30 公尺</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td rowspan="2">近車籠埔斷層地區禁限建公告</td><td>規範對象</td><td>苗栗縣、台中市及南投縣境內車籠埔斷層線經過地區</td><td rowspan="2">本計畫基地位於高雄市，非車籠埔斷層近域。</td></tr>
<tr><td>管制內容</td><td>斷層帶兩側各 15 公尺範圍內公有建築物禁止興建，私有建築物高度不超過二層樓、簷高不超過 7 公尺，得特許興建，並限作自用農舍或住宅使用，且為避免往後斷層帶房屋交易損及第三者權益，位於斷 層帶之土地及建築物所有權狀將註記「位於斷層上」</td></tr>
</table>

表 4.2-4 竹科針對新城斷層建築管制規範

目標斷層 (活動性分類/ 地質敏感區號)	計畫書		公告發布/ 核定日期	管制規範
新城斷層 (F0004)	都市計畫	擬定新竹科學園區特定區計畫(第三期發展地區)細部計畫	91.1.22	斷層帶兩側各15 公尺範圍界定為禁止建築區 斷層帶兩側,從15~53公尺之條帶內界定為限制建築區(結構加強區)
		擬定新竹科學工業園區特定區(新竹市部分)(不含「高峰里保護區檢討變更保留案」範圍)細部計畫(含都市計畫圖重製檢討)(第一階段)	104.1.13	土地使用分區管制：新城斷層經過路線兩側各 30 公尺不得開發建築
	環境影響評估	新竹科學園區篤行營區開發計畫環境影響說明書	91.2	進駐廠商施工階段環評承諾事項，廠房之配置應避開斷層帶 50 公尺
		新竹科學園區(寶山用地)第 2 期擴建計畫環境影響說明書	110.8.6	園區內相關建築結構設施規劃除應滿足避開斷層帶兩側 50 公尺及避開基地與新城斷層影響範圍(含主要斷層與剪裂破碎帶之擾動範圍)重疊之區域

資料來源：變更新竹科學工業園區特定區（新竹市部分）細部計畫（配合新城斷層環保設施用地調整位置）書(科技部新竹科學園區管理局，111 年 4 月)整理

表 4.2-5 其他既有都市計畫針對活動斷層帶的土地使用分區要點規定

目標斷層 (活動性分類/ 地質敏感區號)	計畫書		公告發布/核定日期	管制規範
九芎坑斷層 (F0013)	都市計畫	變更梅山都市計畫(第三次通盤檢討暨都市計畫書圖重製)案	92 年	土地使用分區管制要點：文中校舍應避開九芎坑斷層帶 50 公尺以上，且申請建築時應「檢附地質鑽探資料，定經地質相關專業技師簽證認可，安全無慮後，使得准予辦理」。
		變更梅山都市計畫(部分停車場用地為旅遊服務中心用地、部分市場用地為轉運站用地、部分機關用地為停車場用地)書	106.6.22	增訂土地使用分區管制要點：轉運站用地及停車場用地之建築物應避開九芎坑斷層帶 50 公尺以上，且申請建築時應「檢附地質鑽探資料，定經地質相關專業技師簽證認可，安全無慮後，使得准予辦理」
梅山斷層 (F0021)	都市計畫	擬定國立中正大學特定區第二期發展區細部計畫案計畫書(107 年 11 月 9 日嘉義縣都市計畫委員會第 242 次會決議後補辦公開展覽)	110.9.8	細部計畫指導原則：斷層帶穿越地區應規畫為開放空間為原則

表 4.2-6 本計畫針對斷層帶之三種管制方式提案

<table>
<tr><td rowspan="6">本計畫推估車瓜林斷層帶之管制範圍</td><td colspan="2">管制方式</td><td>方案 1</td><td>方案 2</td><td>方案 3</td></tr>
<tr><td rowspan="2">瞬移破裂影響範圍</td><td>管制內容</td><td>破裂影響範圍(總寬度 40m)外兩側各 50 公尺範圍內禁止進駐廠商建設廠房相關建築結構設施</td><td>破裂帶兩側各 50 公尺範圍內進駐廠商應充分考量廠房相關建築結構設施產生結構性損壞的風險機率，加強結構設計，並依各廠房設施的特性及重要性，採用漸進式遠離破裂帶方式規劃安排自身廠房位置</td><td rowspan="4">不劃定禁建範圍，但資訊充分揭露，將本報告及相關調查報告公開，請涉及斷層帶範圍之進駐廠商進行地質安全評估並擬定因應對策，由第三方單位審定後併同建照申請一併提送</td></tr>
<tr><td>依據</td><td>參照竹科針對新城斷層帶因應之環評承諾事項(詳表 4.2-4)</td><td>本破裂帶為 50 年內發生斷層瞬移造成建物產生節性損壞的超越機率為 2%，而依近期地表變形監測結果，車瓜林斷層持續潛移變形，故相對發生瞬移之機率較小</td></tr>
<tr><td rowspan="2">潛移變形影響範圍</td><td>管制內容</td><td>變形影響範圍內禁止進駐廠商建設廠房相關建築結構設施</td><td>變形影響範圍內禁止進駐廠商建設廠房相關建築結構設施</td></tr>
<tr><td>依據</td><td colspan="2">目前尚無針對潛移性質斷層之禁限建案例，然依本計畫調查結果，變形帶內代表位移速度不均區域，其速度差異易導致建築旋轉、變形及破裂，且考量園區多為科技廠，較難以承受建物持續變形；變形帶外則穩定無速度差異異常大區域，故建議至少變形帶內禁建</td></tr>
<tr><td colspan="2">優點</td><td>建築管理最簡易；充分避開已知斷層帶，達到短期內避災，並將長期內災害降到最低，使建築管理風險最低</td><td>避開斷層近期最有可能直接造成地表變形及建物損壞的區域，達到短期內避災，並減輕長期內可能災害</td><td>廠商可參考調查資料，並依自身廠方需求規劃土地彈性使用</td></tr>
<tr><td colspan="2">缺點</td><td>廠商可建築面積大量減少</td><td>廠商可建築面積大量減少；建物長期內仍有較高的瞬移破裂風險存在</td><td>建築管理不易且風險提高</td></tr>
<tr><td colspan="2">建築物耐震設計</td><td colspan="3">參考國震中心(2022.09)「新版建築物耐震設計規範對近斷層區域耐震需求之修訂」之建議考量耐震設計之近斷層震區係數：「車瓜林近斷層區域可適用旗山斷層近斷層震區係數」</td></tr>
<tr><td colspan="2">涉及地質敏感區位</td><td colspan="3">本就涉及地礦中心公告之 F0023 車瓜林斷層活動斷層地質敏感區位者，無論位於管制範圍內外，均需依地質法規定辦理基地地質調查及地質安全評估</td></tr>
</table>

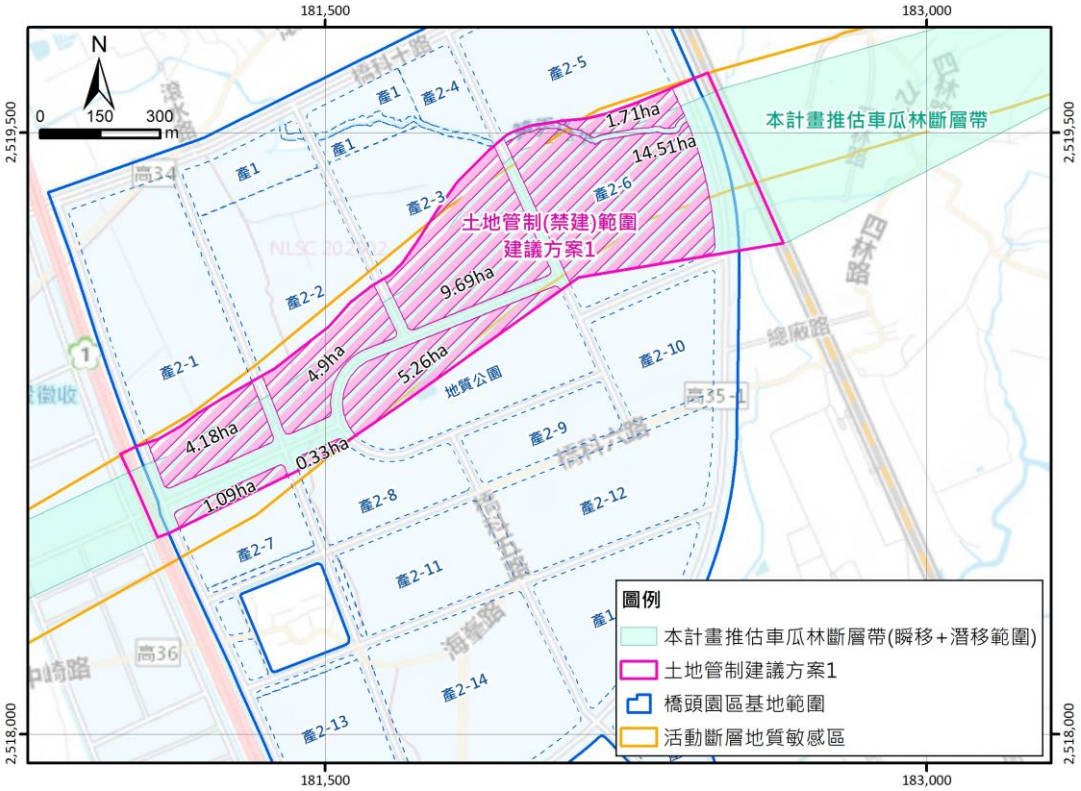


圖 4.2–3 產業專用區與土地使用管制方案 1 範圍重疊面積分布圖

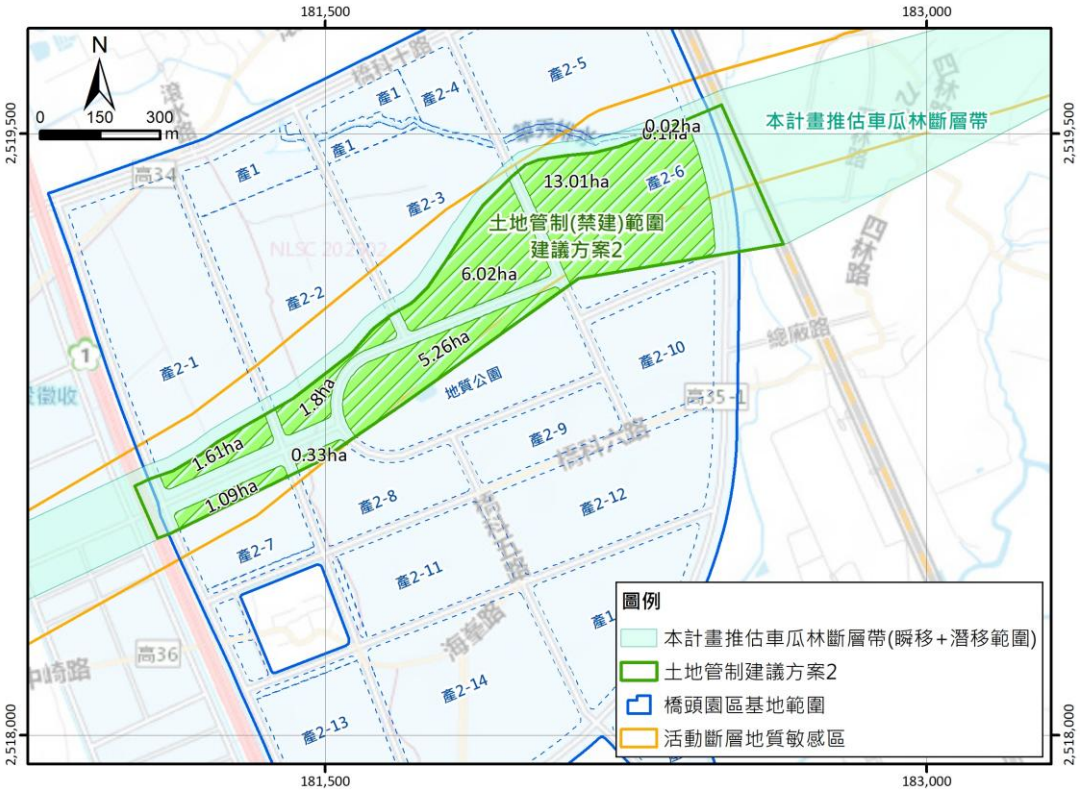


圖 4.2–4 產業專用區與土地使用管制方案 2 範圍重疊面積分布圖

表 4.2–7 產業專用區與土地使用管制方案 1 範圍重疊面積一覽表

編號	土地面積(a)	與方案 1 重疊面積(b)		剩餘未涉及方案 1 面積(a-b)
	公頃	公頃	佔比(b/a)	公頃
產 2-1	20.81	4.18	20.09%	16.63
產 2-2	17.55	4.90	27.92%	12.65
產 2-3	17.21	9.69	56.30%	7.52
產 2-5	15.41	1.71	11.10%	13.70
產 2-6	15.83	14.51	91.66%	1.32
產 2-7	6.27	1.09	17.38%	5.18
產 2-8	6.69	0.33	4.93%	6.36

表 4.2–8 產業專用區與土地使用管制方案 2 範圍重疊面積一覽表

編號	土地面積(a)	與方案 2 重疊面積(b)		剩餘未涉及方案 2 面積(a-b)
	公頃	公頃	佔比(b/a)	公頃
產 2-1	20.81	1.61	7.74%	19.2
產 2-2	17.55	1.80	10.26%	15.75
產 2-3	17.21	6.02	34.98%	11.19
產 2-5	15.41	0.02	0.13%	15.39
產 2-6	15.83	13.01	82.19%	2.82
產 2-7	6.27	1.09	17.38%	5.18
產 2-8	6.69	0.33	4.93%	6.36

第五章 結論與建議

依本計畫基地地質調查及地質安全評估結果，總結如下：

1. 區域綜觀：車瓜林斷層通過本計畫基地產 2-1、2-2、2-3、2-5 及 2-6 等產業專用區坵塊，走向約北偏東 52~69°，斷層兩側約有 1~2cm/yr 向西橫移的不等量變形速度差異，上盤(南側)較下盤(北側)速度快，為具潛移性質之逆移斷層，屬於活動斷層，至少距今 7,500 年曾經活動過。
2. 泥火山活動特徵：計畫區內的滾水坪泥火山有多個噴泥口，活動歷史最早至少可追溯至 1910 年代，可依其活動時間、頻率及位置分為主要、間歇及突發性活動區，而各區泥漿通道則迂迴於地下，雖與現生噴泥口無絕對正相關性，代表其可能為老通道或通道未直接穿出地表，仍可作為泥火山噴發的可能路徑之一，建議在開發地質公園周邊應優先注意 10~20 公尺以下的開挖工程，可能遭遇泥漿通道而造成泥漿漫流入工程範圍。
3. 斷層跡延伸位置：依地電阻之電性不連續情況及地質鑽探剖面顯示，車瓜林斷層於基地內之斷層跡應通過 CTB-2 與 CTB-3、CTB-8 與 CTB-6、CTB-9 與 CTB-10、CTB-15 與 CTB-14、CTB-17 與 CTB-20、CTB-22 與 CTB-21、QTB-A2 與 CTB-23、CTB-27 與 CTB-26 及 CTB-30 與 CTB-31 等鑽孔之間，通過區域包括產 2-1、2-2、2-3、2-5 及 2-6 等，與地礦中心公布資料大致相符，然於產 2-3 與產 2-6 區段間，本次判釋之斷層跡較地礦中心資料略偏北。
4. 斷層活動性：依地質鑽探剖面建立之等時線顯示，車瓜林斷層自距今 10,000 年前以來即具持續活動紀錄，顯示其為具長期活動性之斷層，搭配鑽探剖面推估之斷層傾角，估算車瓜林斷層自距今 10,000 年前以來之長期滑移速率介於 1.74 至 5.37 mm/yr，然因缺乏距今 6,000 年以後之定年資料，其最近一次的活動時間不詳。
5. 斷層活動影響範圍：綜合 InSAR 地表形變分析、大地測量監測、地質鑽探資料及數值模擬分析結果，車瓜林斷層帶總帶寬約 180 公尺(西側)~415 公尺(東側)，包括瞬移破裂範圍及潛移變形範圍，兩者重疊寬度約 5 公尺。
   (1) 瞬移破裂範圍以數值模擬再現周期 2,500 年(即 50 年內超越機率 2%)之

斷層錯移量造成建築物產生結構性損壞的角變量分布劃設，為斷層跡上盤 15 公尺及下盤 25 公尺範圍，與岩心紀錄中靠近斷層帶具有較多剪裂構造之位置相符，帶寬共計 40 公尺，影響包括產 2-1、2-2、2-3、2-5 及 2-6 等產業專用區。

(2) 潛移變形範圍以 InSAR 分析地表變形的速度變化帶及大地監測地表位移速度之速度變化帶劃設，速度變化帶南側較北側快約 1~2 cm/yr(向西)，而速度變化帶北端則可視為斷層尖端潛移變形起始位置，此帶範圍與岩心紀錄中地層有受斷層作用變形影響的特徵分布相符，整個潛移影響範圍約 145 公尺(西側)~380 公尺(東側)，影響包括產 2-1、2-2、2-3、2-5、2-6、2-7 及 2-8 等產業專用區及地質公園西北部。

6. 因應對策：本計畫初步提出三種因應管制方式作為都市計畫通盤檢討之參考，後續依民國 114 年 8 月 21 日研商會議會議結論，在本報告經第三方審查後，由內政部國土管理署納入高雄新市鎮特定區都市計畫通盤檢討規劃辦理，而最終針對斷層帶之因應方式，將在通盤檢討後決定；建築物耐震設計則建議參考國震中心(2022.09)之建議考量耐震設計之近斷層震區係數：「車瓜林近斷層區域可適用旗山斷層近斷層震區係數」。

7. 針對斷層潛移活動，建議未來可於產業專用區進行相關監測項目，以提供各項廠房及設施進行定期檢修維護之參據，相關監測項目包括：(a)區域構造監測方面，建議設置 GPS，監測斷層潛移持續活動狀況，以即時取得位移數據；(b)結構安全監測方面，建議設置結構傾斜計、伸縮縫變位計及水準測量樁點，藉以評估結構變位狀況；(c)維生管線監測方面，在重要管線如瓦斯、高壓電及自來水管等，建議設置管線應變/變位監測，並在柔性接頭處安裝感測器，量測變形量。

8. 本計畫所推估之車瓜林斷層帶，係利用現階段依法規劃合理調查工作之成果所做的合理研判，因斷層活動與變形影響範圍具有一定程度之不確定性，未來園區內之開發工程應針對相關設施規劃內容，依法辦理必要之補充地質調查，提高調查精度及研擬具體有效之因應對策，以進一步提高設施安全性，降低災害風險與損失。

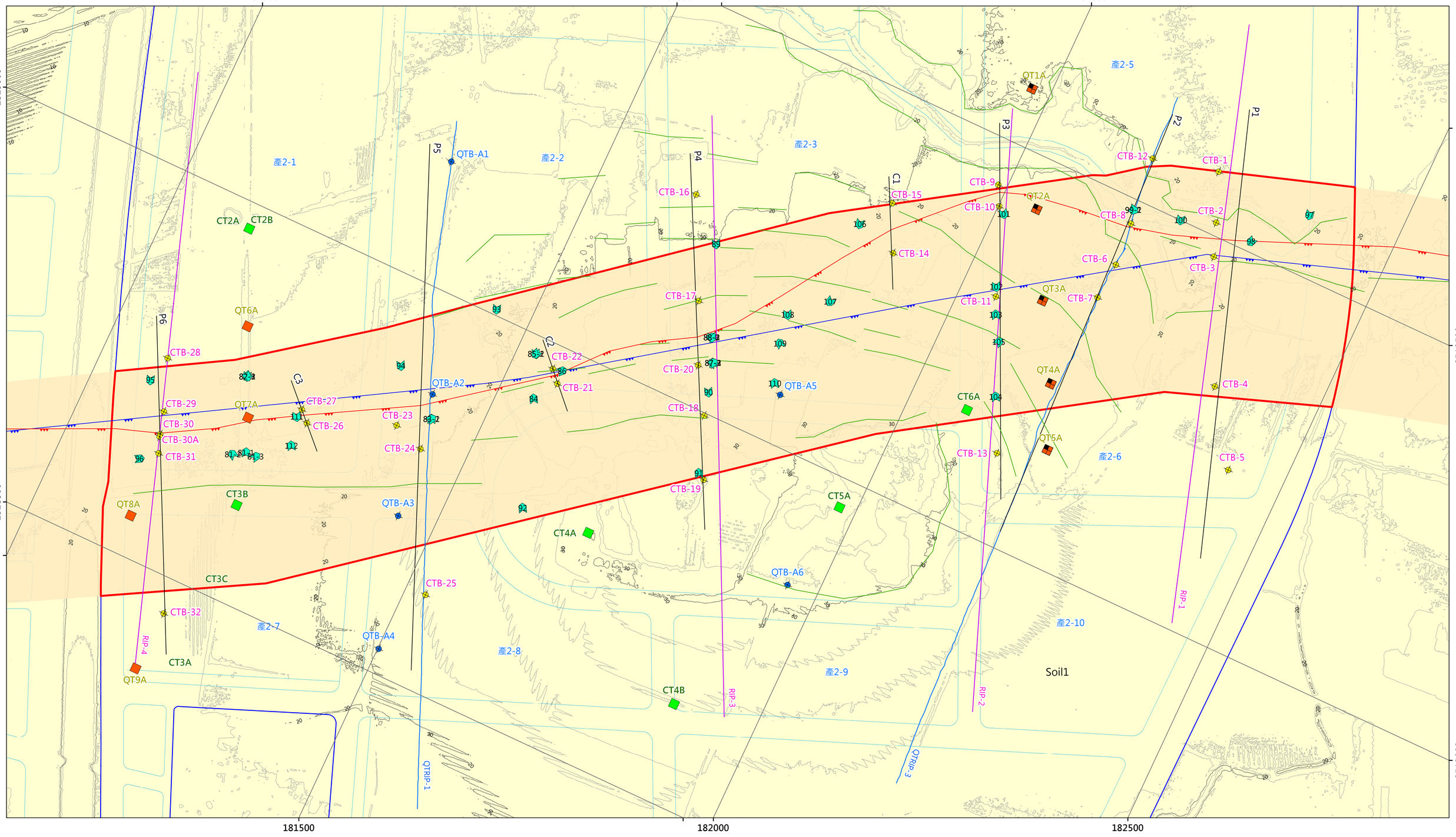
參考文獻

1. 林啟文、劉彥求、黃志遠、周稟珊 (2021) 車瓜林斷層條帶地質圖，經濟部地質調查及礦業管理中心。
2. 林啟文 (2013) 1/50,000 台灣地質圖幅 圖幅第 56 號-旗山。經濟部地質調查及礦業管理中心。
3. 林廷潔 (1998) 高雄縣雞冠山石灰岩體內貝類化石研究。國立成功大學地球科學研究所碩士論文，共 98 頁。
4. 內政部營建署 (2021) 高雄新市鎮第二期發展區(配合科學園區)開發案區段徵收公共工程規劃設計及監造委託服務作業-地質鑽探及試驗工作報告書，台灣世曦工程顧問股份有限公司。
5. 科技部新竹科學園區管理局 2022) 變更新竹科學工業園區特定區（新竹市部分）細部計畫（配合新城斷層環保設施用地調整位置）書。
6. 科技部南部科學園區管理局 (2021) 南部科學園區橋頭園區開發計畫環境影響評估報告書。
7. 科技部南部科學園區管理局 (2021) 南部科學園區橋頭園區開發計畫泥貫入體補充調查報告，環興科技股份有限公司。
8. 科技部南部科學園區管理局 (2020) 南部科學園區橋頭園區開發計畫地質鑽探、試驗及地質評估分析報告，環興科技股份有限公司。
9. 經濟部地質調查及礦業管理中心 (2024) 地質敏感區基地地質調查及地質安全評估手冊-現地調查活動斷層部分 25 頁。
10. 經濟部(地質調查及礦業管理中心) (2023) 活動斷層地質敏感區劃定計畫書-F0023 車瓜林斷層，30 頁。
11. 經濟部地質調查及礦業管理中心 (2021) 台灣活動斷層分布圖。
12. 經濟部地質調查及礦業管理中心 (2020) 斷層活動性觀測研究第四階段(3/4)，共 38 頁。
13. 經濟部地質調查及礦業管理中心 (2013) 易淹水地區上游集水區地質調查與資料庫建置圖冊。
14. 劉彥求與林啟文 (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，第三十四號，第 53-82 頁。

15. 施泉賢 (2020) 台灣南部成長型泥火山之震測證據。國立中正大學地震研究所碩士論文，共 65 頁。
16. 胡潮昌、謝清正、黃朝岳、劉秀邦 (1967) 高雄縣蓋子寮、嶺口、大樹及雞南山剖面測勘報告。中國石油公司未出版報告。
17. 富國技術工程股份有限公司 (2015) TK331+400~800 地質調查工作顧問服務內部諮詢報告。
18. 楊名與景國恩 (2021) 對台灣西南部地表變形與海水面變化之精密監測以及對其影響與因應方法之評估-利用大地測量資料監測龍船斷層對於西南部高鐵軌道線形之影響(第 3 年)。科技部補助專題研究計畫報告。
19. 趙家賢 (2019) 以 2015 至 2018 年大地測量資料分析車瓜林斷層地表變形及橫跨斷層之高架橋結構位移。國立成功大學測量及空間資訊學系碩士論文，73 頁。
20. 藍振維、李璟芳、林士淵、林玉菁 (2021) 新世代合成孔徑雷達影像評估技術 - ATS-InSAR 研發與應用。中興工程，153，47–58。
21. 顏一勤 (2019) 108 年度活動斷層補充地質調查成果報告書， 經濟部中央地質調查所委託服務報告，共 381 頁。
22. 嘉義縣政府 (2017) 變更梅山都市計畫(部分停車場用地為旅遊服務中心用地、部分市場用地為轉運站用地、部分機關用地為停車場用地)書。
23. Caine, J. S., Evans, J. P., & Forster, C. B. (1996). Fault zone architecture and permeability structure. Geology, 24(11), 1025-1028.
24. Chi, W.R. (1978) The late Neogene nannobiostratigraphy in the Tainan foothills region, southern Taiwan. Petrol. Geol. Taiwan, 15, 89-125.
25. Chi, W.R. (1979) A Biostratigraphic study of the late Neogene sediments in the Kaohsiung area based on calcareous nannofossils. Proc. Geol. Soc. China, 22, 121-144.
26. Shih, T.T. (1967) A survey of active mud volcano in Taiwan and a study of their types and the character of the mud. Petroleum Geology of Taiwan, vol.5, p.259-311.
27. Sutherland, R., Toy, V. G., Townend, J., Cox, S. C., Eccles, J. D., Faulkner, D. R., ... & Kopf, A. J. (2012). Drilling reveals fluid control on architecture and

rupture of the Alpine fault, New Zealand. Geology, 40(12), 1143-1146.

細部調查地質圖



N

0 50 100 公尺

製圖比例尺：1/2,400

坐標系統：TWD97

圖　例

等高線(間距2公尺)

等高線(間距10公尺)

地層時代　岩性

現代沖積層 Soil 土壤層

車瓜林斷層

本計畫判釋成果

地礦中心(2023)

活動斷層地質敏感區

本計畫範圍

基地範圍

細部調查範圍

本計畫調查

現地查核點位(箭頭表拍照角度)

崖階地形判釋

新設GPS監測站與角反射器共站

新設GPS監測站

鑽孔位置

地質鑽探剖面線

地電阻測線位置

環評階段調查

GPS監測站

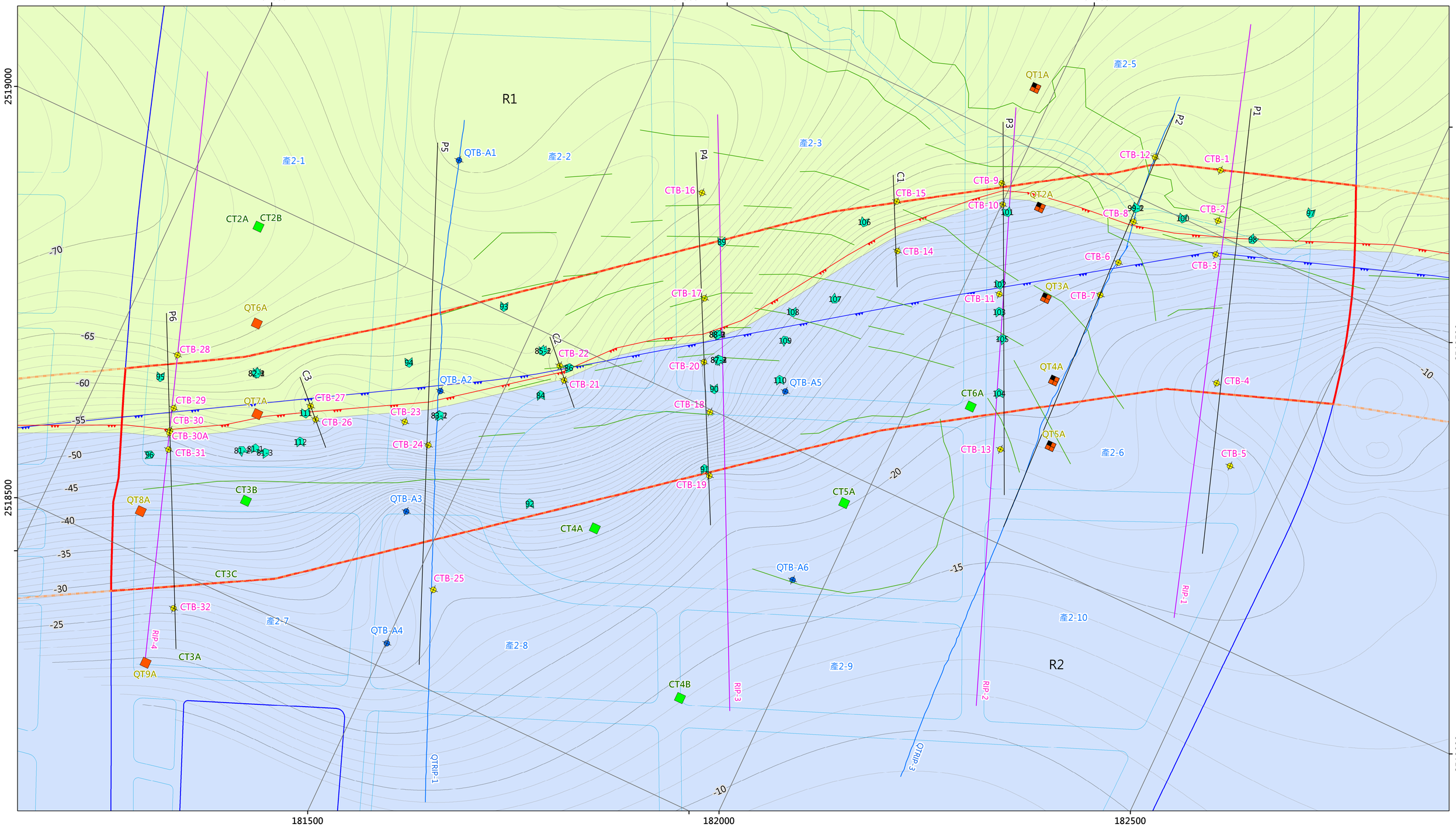
鑽孔位置

地電阻測線位置

地理位置索引圖



細部調查岩性組合圖



N

0 50 100 公尺

製圖比例尺：1/2,400

坐標系統：TWD97

圖 例

岩盤等高線(間距1公尺)

岩盤等高線(間距5公尺)

地層

R1 砂岩夾泥質砂岩及泥岩

R2 泥岩夾砂岩及礫岩

車瓜林斷層

本計畫判釋成果

地礦中心(2023)

活動斷層地質敏感區

本計畫範圍

基地範圍

細部調查範圍

本計畫調查

現地查核點位(箭頭表拍照角度)

崖階地形判釋

新設GPS監測站與角反射器共站

新設GPS監測站

鑽孔位置

地質鑽探剖面線

地電阻測線位置

環評階段調查

GPS監測站

鑽孔位置

地電阻測線位置

地理位置索引圖

