



活動斷層地質敏感區劃定計畫書

F0023 車瓜林斷層

劃定機關：經濟部

中華民國 112 年 7 月

活動斷層地質敏感區劃定計畫書

F0023 車瓜林斷層

目 次

壹、 劃定依據.....	1
一、法規依據.....	1
二、條件依據.....	2
貳、 劃定目的.....	3
參、 範圍說明.....	5
一、劃定原則.....	5
二、位置圖.....	8
三、範圍圖.....	8
肆、 地質環境.....	11
一、地形.....	11
二、地層.....	13
三、斷層性質.....	18
伍、 參考資料.....	28

附件一：車瓜林斷層活動斷層地質敏感區位置圖

附件二：車瓜林斷層活動斷層地質敏感區範圍圖 3 幅

圖 目

圖 1 活動斷層地質敏感區劃定流程圖。	6
圖 2 斷層活動斷層地質敏感區位置圖-車瓜林.....	10
圖 3 車瓜林斷層活動斷層地質敏感區沿線之地形	12
圖 4 車瓜林斷層條帶地質圖（1/3）	14
圖 5 車瓜林斷層條帶地質圖（2/3）	15
圖 6 車瓜林斷層條帶地質圖（3/3）	16
圖 7 南勢湖剖面，由田寮 3 號橋西側向北拍攝車瓜林斷層剖面	20
圖 8 高 40 線北側車瓜林斷層剖面	21
圖 9 (A)高 40 線南側車瓜林斷層連續剖面.....	21
圖 10 車瓜林以南至燕巢市區之間，斷層帶最西緣受沖積層覆蓋 ..	22
圖 11 施泉賢（2020）的 Y1、Y2 震測剖面與橋頭科學園區開發計畫進行的地質調查鑽探與地電阻配置位置圖	23
圖 12 上：施泉賢（2020）的 Y1 原始剖面與車瓜林斷層；下：橋頭科學園區基地地質剖面 2	23
圖 13A：高屏地區相對於澎湖白沙站（S01R）之 GPS 水平方向速度場。	24
圖 14 A、B：國道 3 號田寮 3 號高架橋及中寮隧道北口附近測區相對於 S01R 之水平速度場與垂直速度場	25
圖 15：車瓜林斷層 2016-2018 升軌道影像的 LOS 平均速度場與剖面圖。	26
圖 16：車瓜林斷層南段的地表潛移位置（富國工程，2015）。	27
圖 17：車瓜林斷層潛移，造成結構物受破壞的現象（富國工程，2015）。	27

表 目

表 1 本地質敏感區套繪之二萬五千分之一地形圖一覽表	9
表 2 旗山圖幅地層對比表與車瓜林斷層附近主要出露地層（紅色框線）（林啟文，2013）	17

壹、 劃定依據

一、法規依據

地質法

第五條 中央主管機關應將具有特殊地質景觀、地質環境或有發生地質災害之虞之地區，公告為地質敏感區。

地質敏感區之劃定、變更及廢止辦法，由中央主管機關定之。

中央主管機關應設地質敏感區審議會，審查地質敏感區之劃定、變更及廢止。

前項審議會之組成，專家學者不得少於審議會總人數二分之一；審議會之組織及運作辦法，由中央主管機關定之。

地質敏感區劃定變更及廢止辦法

第二條 具有特殊地質景觀、地質環境或有發生地質災害之虞之地質敏感區，包括以下各類：

- 一、地質遺跡地質敏感區。
- 二、地下水補注地質敏感區。
- 三、活動斷層地質敏感區。
- 四、山崩與地滑地質敏感區。
- 五、其他經中央主管機關認定之地質敏感區。

第五條 活動斷層指過去十萬年內有活動證據之斷層。

活動斷層及其兩側易受活動斷層錯動或地表破裂影響範圍，並經中央主管機關劃定者為活動斷層地質敏感區。

二、條件依據

車瓜林斷層為臺灣西南部重要的活動斷層之一，為逆移斷層，呈東北走向，北起高雄市內門，向西南延伸經旗山區大廊庭山，西南端在燕巢區崎溜以南進入平原區，長度約 22 公里。野外大多有良好露頭，常見數條髮辮狀的斷層泥帶交織而成厚度更大的斷層帶，平原區由線形崖與多組鑽探剖面追蹤，斷層帶寬超過 200 公尺，可達 500 公尺，並具明顯的潛移特性。

此活動斷層地質敏感區係依據地質法第 5 條第 1 項「中央主管機關應將具有特殊地質景觀、地質環境或有發生地質災害之虞之地區，公告為地質敏感區」，及地質敏感區劃定變更及廢止辦法第 2 條「具有特殊地質景觀、地質環境或有發生地質災害之虞之地質敏感區，包括以下各類：一、地質遺跡地質敏感區。二、地下水補注地質敏感區。三、活動斷層地質敏感區。四、山崩與地滑地質敏感區。五、其他經中央主管機關認定之地質敏感區」，其中第三類為「活動斷層地質敏感區」。

另依據地質敏感區劃定變更及廢止辦法第 5 條「活動斷層指過去十萬年內有活動證據之斷層。活動斷層及其兩側易受活動斷層錯動或地表破裂影響範圍，並經中央主管機關劃定者為活動斷層地質敏感區」，由於車瓜林斷層曾於 7,500 年前活動（林啓文等，2021），且在橋頭科學園區補充地質調查資料更顯示 4,500 年來地層等時線受錯移，斷層帶附近也持續出現斷層潛移現象（富國工程，2015；丁權，2016），故針對車瓜林斷層進行活動斷層地質敏感區之劃定工作，並依據「地質敏感區劃定變更及廢止辦法」第 5 條第 2 項進行劃定地質敏感區。

本劃定計畫書內容依據「地質敏感區劃定變更及廢止辦法」第 8 條規定辦理，並依該辦法第 7 條研提計畫書，送地質敏感區審議會審查。

貳、 劃定目的

臺灣位處環太平洋地震帶，地震頻仍，西元 1900 年至 2019 年臺灣地區共發生近百次災害性地震，總計造成近 8,000 人死亡，而陸地上斷層的再活動是災害性地震的主因，因此必須積極面對活動斷層議題。

世界上面臨活動斷層威脅的國家，對於斷層沿線不得興建學校、醫院、機場、車站、發電廠、水庫等重要設施的共識度很高，但是對於一般的土地開發與建築物興建是否應該受到限制，則是依據每個國家的客觀條件及法令限制而有所不同。現行國內有關活動斷層帶附近的土地利用管制係分散在不同的法規中，土地開發行為的審查也分別由各項不同的審查機制把關，不同的法規間對於活動斷層議題缺乏整體相同的判斷標準與作業流程，難免會衍生審查標準不一致的疑慮；同時，現行法令大多未公告活動斷層相關圖件，審查時只能參考現有的調查成果或出版文獻為準，但由於上述資料會隨著調查資料的累積而不時變更，卻未經由嚴謹的法制作業程序公告周知，容易衍生適法性的質疑與審查過程的爭議。

考量臺灣地狹人稠的土地利用情況，全面禁止開發具有活動斷層災害風險的土地可行性不高，但是對於風險較高區域的土地開發行為採取適當管理，可以大幅降低斷層活動帶來的災害，有效控制地震災害的衝擊。因此藉由地質法制定統一的標準進行活動斷層地質敏感區的劃定與公告，以及辦理基地地質調查與地質安全評估，整體考量活動斷層對於土地開發行為的影響，可提升國土開發的安全性。

活動斷層地質敏感區劃定的目標區域，包含斷層錯動可能產生地表破裂或變形等易受影響的區域，公告的活動斷層地質敏感區未來發生災害的潛勢較高，土地開發行為需要承擔的風險也較高。因此，土地開發行為的基地位於活動斷層地質敏感區者，依地質法第 8 條「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。但緊急救災者不在此限」，故除緊急救災目的以外，位於活動斷層地質敏感區內之土地開發行為應依「地質敏感區基地地質調查及地質安全評估作業準則」第 4 章之第 12 條至第 15 條「活動斷層地質敏感區之調查及評估」規定，進行

基地地質調查及地質安全評估，並且依地質法第 11 條「依第八條第一項規定應進行基地地質調查及地質安全評估者，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」。因此，位於活動斷層地質敏感區內的土地並非禁止使用，但是需要藉由基地地質調查與地質安全評估來確定土地開發行為的適當性，遠離斷層活動相關災害風險較高區域或因應風險大小調整土地利用強度與密度，因地制宜規劃開發事宜並採取適當的因應措施，以提升土地利用的合理性與安全性，避免未來斷層活動時造成重大災害與損失。

已經公告的活動斷層地質敏感區資訊，可由經濟部中央地質調查所全球資訊網(<https://www.moeacgs.gov.tw>)地質法專區參閱與下載，包括地質敏感區劃定計畫書、位置圖以及範圍圖等公告文件。

參、 範圍說明

一、 劃定原則

本活動斷層地質敏感區的劃定方式主要參考自美國加州地質調查局 1972 年通過的地震斷層區劃分法案—Alquist-Priolo Earthquake Fault Zoning Act，該法將下次斷層活動時，較易發生錯動區域劃定為地震斷層區（Earthquake Fault Zones），並採取適當管理，以減少因為地表斷層錯動而造成的傷亡（California Department of Conservation，2020）。其劃定原理以劃定當時的基礎資料為依據，在斷層跡位置明確或小規模斷層的兩側，劃定約 60~90 公尺（約 200~300 英呎）的地震斷層區；在斷層跡位置較不明確的斷層兩側各劃定約 150 公尺（約 500 英呎）的地震斷層區，實際上地震斷層區的寬度沒有一定的規定，平均約 400 公尺寬（四分之一英哩），再透過轉折點標示地震斷層區的範圍，並公告相關圖件。

我國土地使用的密度以及斷層特性與美國加州有所不同，依斷層兩側變形狀況可分為二類，若兩側變形狀況對稱，則斷層兩側繪製等寬之影響範圍，即兩側各約 150 公尺寬的區域；若兩側變形狀況不對稱，則斷層兩側繪製不等寬之影響範圍。依據車籠埔斷層於 921 地震時產生的地表變形帶的特性及古地震研究，發現逆斷層錯動時在主要變形側（上盤）影響範圍較大，而在非主要變形側（下盤）影響範圍則較小，因此劃設原則為主要變形側約 200 公尺，非主要變形側約 100 公尺，車瓜林斷層為逆移斷層，依該原則決定活動斷層地質敏感區之範圍。本地質敏感區劃定之流程詳如圖 1。

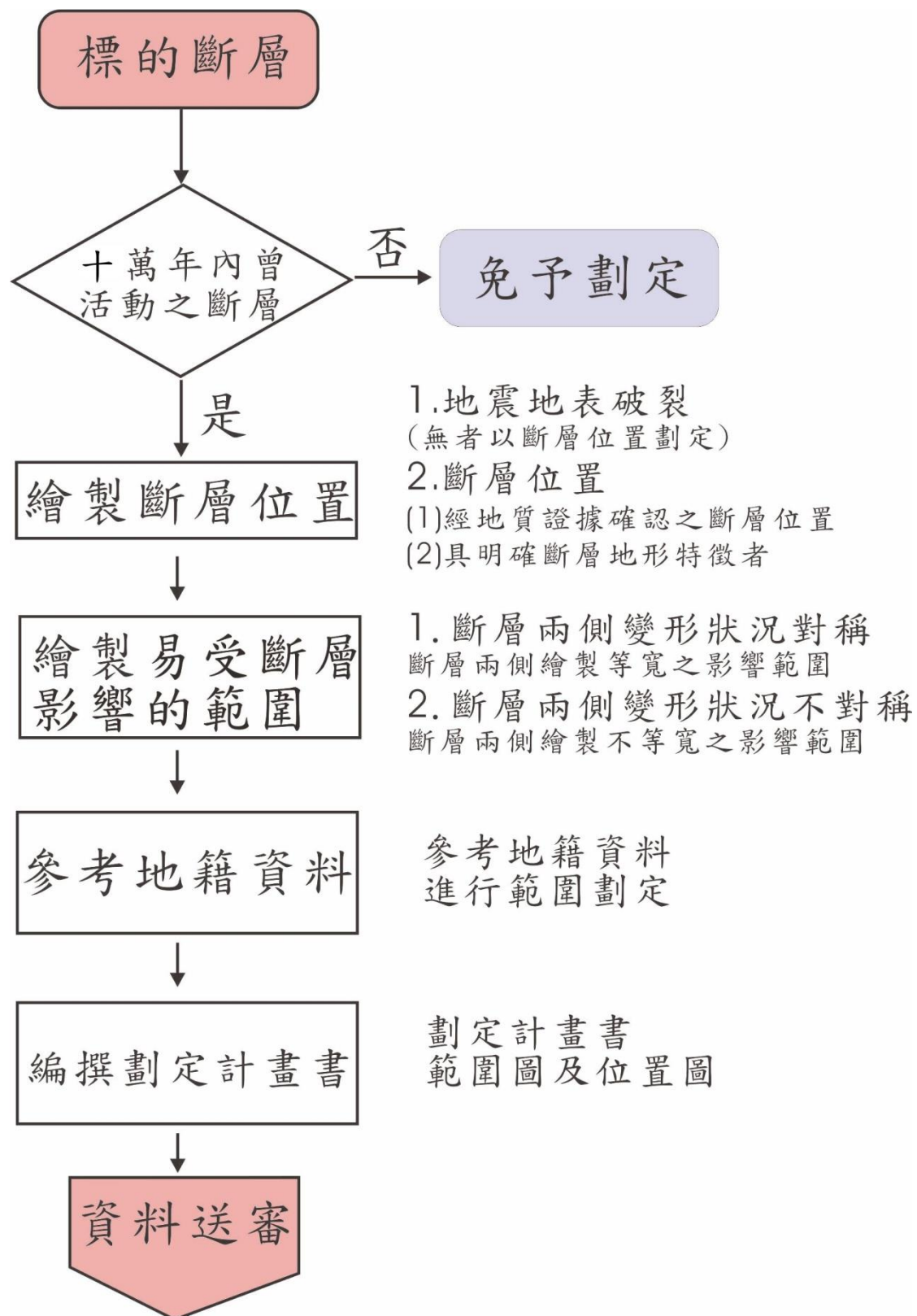


圖 1 活動斷層地質敏感區劃定流程圖。

（一）標的斷層之選定

車瓜林斷層為臺灣西南部重要的活動斷層之一，為逆移斷層，野外大多有良好露頭可以追蹤，斷層帶寬至少數十公尺至 130 公尺以上，常見數條髮辮狀的斷層泥帶交織而成厚度更大的斷層帶。

在國道 3 號田寮 3 號橋北橋台與道路等人工結構物，跨越車瓜林斷層與旗山斷層有持續變形現象，國工局在此區進行大地監測，發現斷層兩側有明確相對位移與快速抬升情形，顯示斷層具潛移現象，因此將車瓜林斷層列為地質敏感區劃定的標的斷層。

（二）判斷是否符合十萬年內曾經活動之斷層

由地質鑽探與碳十四定年資料顯示，車瓜林斷層曾於 7,500 年前活動（林啟文等，2021），且在橋頭科學園區補充地質調查資料更顯示 4,500 年來地層等時線受錯移，屬於第一類活動斷層符合法規之劃定條件，因此研提車瓜林斷層活動斷層地質敏感區劃定計畫書。另依據活動斷層分類準則（詳見 <https://gov.tw/g8A>），車瓜林斷層活動證據包括第一類活動斷層條件的第 1、2、4 與 5 等四項。

（三）繪製斷層位置

車瓜林斷層位置參考前人相關研究成果（林啟文等，2012；林啟文，2013），配合本部中央地質調查所現階段研究調查成果，將具地質證據可判別斷層位置列為斷層位置參考點，再透過明確之構造地形證據或相同地形特徵之變化，以及其它合於學理之推論事證相連接為斷層線段。其中構造地形特徵由航遙測影像、地形圖、數值地形資料等方式所判讀而來，並與現地查核前述判釋結果一致且連續者。

車瓜林斷層活動斷層地質敏感區北起高雄市內門區南端，向西南延伸經大廊庭山，西南端經燕巢區延伸至橋頭區東側為止，長度約 22 公里。

（四）繪製易受斷層影響範圍

車瓜林斷層屬於逆移斷層，依據地質調查資料，該斷層之上盤（東側）為抬升側或主要變形側，西側下盤為非主要變形側，兩側變形狀

況不對稱。本案依據已知的斷層位置，在斷層的上、下盤圈繪易受斷層影響的範圍。繪製方式為利用地理資訊系統，將前述已知的斷層位置採用環域(BUFFER)方式劃設，範圍為斷層主要變形側 200 公尺及非主要變形側 100 公尺之區域。

本計畫書劃定之地質敏感區以外地區，不代表其安全無虞，僅是其未符合地質敏感區之劃定原則，而鄰近活動斷層地質敏感區的地區，未來亦具有受到斷層活動影響之可能。這些地區若有土地之開發行為，仍應依相關法令規定辦理地質調查。

(五) 參考地籍資料進行編修

考量國土管理與實務操作之需求，本項流程為將前述易受斷層影響範圍與內政部國土測繪中心提供之地籍資料進行套疊，並參考該資料編修活動斷層地質敏感區邊界。其編修方式為在易受斷層影響範圍與地籍資料之數值檔套疊後，以主要變形側 200 公尺及非主要變形側 100 公尺為活動斷層地質敏感區範圍之參考線，基於地質證據並考量地籍資料的完整性與圈繪範圍的合理性後，進行活動斷層地質敏感區範圍之編修。

(六) 編撰劃定計畫書：

本地質敏感區除劃定計畫書本文之外，尚包括車瓜林斷層活動斷層地質敏感區範圍圖、車瓜林斷層活動斷層地質敏感區位置圖等附件資料。

二、位置圖

車瓜林斷層活動斷層地質敏感區位於臺灣西南部，呈東北走向，北起高雄市內門，向西南延伸經旗山區大廊庭山，西南端在燕巢區崎溜為沖積層所掩覆。車瓜林斷層活動斷層地質敏感區之位置分布於通過高雄市內門區、旗山區、田寮區、燕巢區與橋頭區等 5 處行政區（圖 2，附件一：車瓜林斷層活動斷層地質敏感區位置圖）。

三、範圍圖

車瓜林斷層活動斷層地質敏感區總面積約 6.7 平方公里，於比例

尺二萬五千分之一經建版地形圖上，繪製其範圍圖，共 3 幅（圖 2，表 1），範圍圖標示內容包括地質敏感區之邊界與地形圖基本資訊，請參照附件二：車瓜林斷層活動斷層地質敏感區範圍圖。

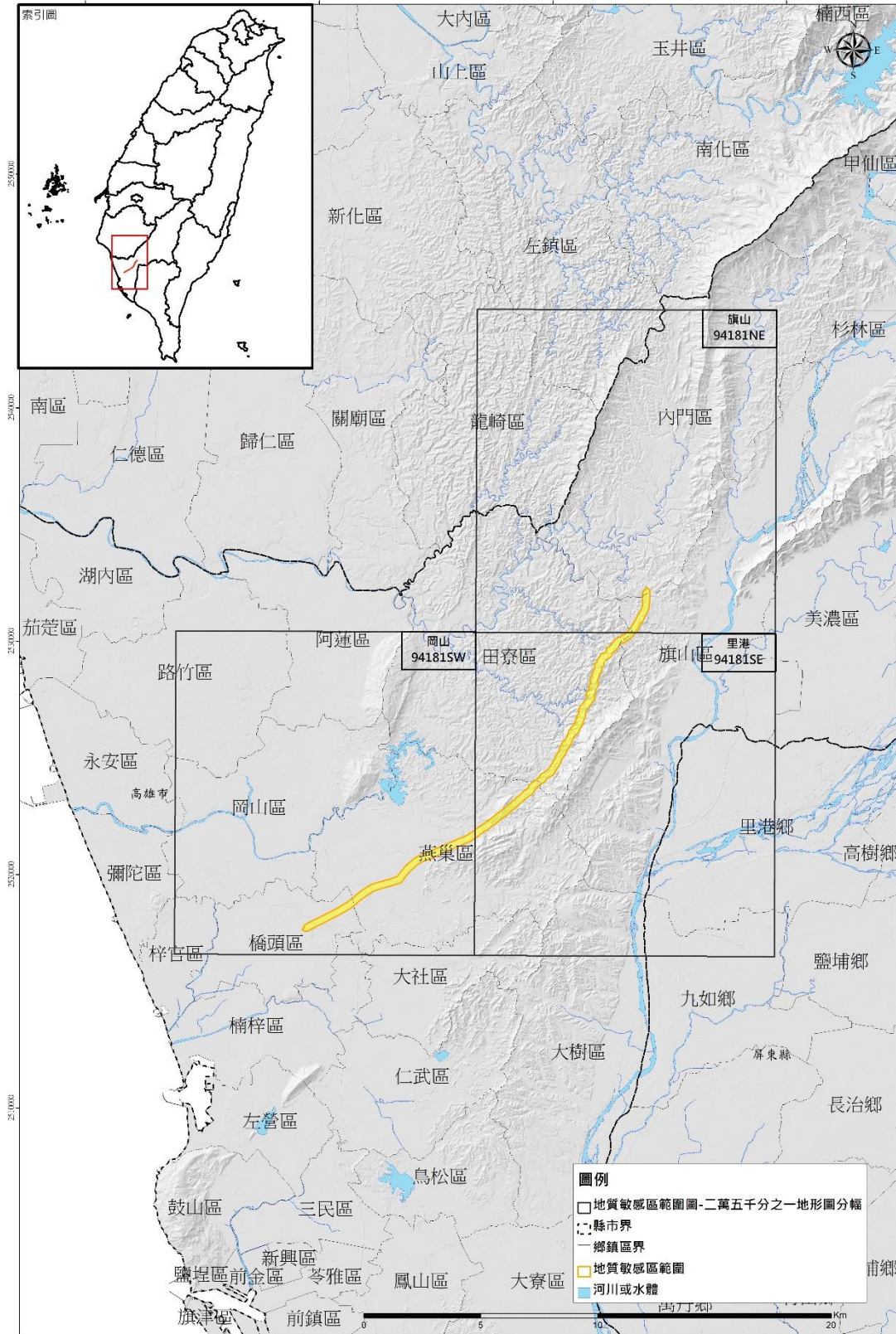
本地質敏感區之地形底圖為灰階化的光達(LiDAR)資料產製地形圖，地質敏感區採半透明淺黃底色、橘色為邊界之圖徵繪於地形底圖上。地質敏感區範圍圖之圖版左下方標示本範圍圖之圖例、製圖年份等基本資訊，圖版右上方標示地形圖之圖號與圖名，左下角標示原始地形圖版本資訊，圖版右下角則標示範圍圖之位置索引圖，左幅索引圖為地質敏感區所在縣、市行政區之相對位置圖；中幅為本範圍圖分幅內之行政區界線；右幅則為本範圍圖分幅與鄰幅之相對位置關係。

表 1 本地質敏感區套繪之二萬五千分之一地形圖一覽表

圖號	圖名
94181NE	旗山
94181SW	岡山
94181SE	里港

活動斷層地質敏感區位置圖

車瓜林斷層
地質敏感區編號：F0023



資料來源：經濟部中央地質調查所

製圖日期：中華民國112年

劃定機關：經濟部

圖 2 斷層活動斷層地質敏感區位置圖-車瓜林（原圖比例尺為十萬分之一，詳附件一），底圖為 LiDAR 資料產製。

肆、地質環境

受到菲律賓海板塊與歐亞板塊碰撞作用的影響，使得臺灣成為相當活躍的造山帶，本島上有許多現今活躍的活動斷層。地調所經調查後，列出臺灣本島 36 條活動斷層，其中位於臺灣西南部的車瓜林斷層被歸類為活動斷層。以下分述本區域的地形、地層、斷層性質。

一、地形

本區大約為北東走向的長條狀丘陵，整體而言由東向西高度降低。東側以旗山斷層與木柵斷層為界，旗山斷層上盤（東側）為由烏山層之堅硬砂岩構成的中寮山（海拔 421 公尺），為本區域最高點，其山脊呈北北東走向，為顯著突出於四周的地形特徵；木柵斷層出露長枝坑層與糖恩山層，後者構成本區東北部近南北向、最高約 200 公尺的山脊。旗山斷層與木柵斷層以西多以泥岩為主，可分為北、中、南三個區段（圖 3），北段位在內門區，為二仁溪河谷呈南北向延伸，谷地北窄南寬且北高南低，主流由北向南，河谷海拔高度約 50-80 公尺，兩側丘陵高約一百餘公尺。中段為旗山、田寮與燕巢之間，以泥岩惡地為主，海拔高度約一百餘公尺，泥岩多遭二仁溪支流深入切割為惡地地形，此區有大廊庭山、馬頭山、雞南山與雞冠山等砂岩或石灰岩透鏡體構成的山脊，突出於周圍低矮泥岩，大廊庭山海拔高 234 公尺，呈北北東走向；馬頭山海拔高度 219 公尺，為甚薄呈屏風狀之砂岩透鏡體，長軸呈北西走向（圖 3）。南段車瓜林以南進入沖積平原，海拔高度由東北端約 70 公尺，向西南逐次緩降至約 15 公尺。

二仁溪為本區流域面積最廣的河流，從內門區北側發源後向南流，至內門市區南側附近轉為蜿蜒向西，在橋子頭以下的中游形成曲流，於州界南側附近穿越龍船山山脊。本區其他河流尚有由東部流經的旗山溪與其支流溝坪溪，西南部有阿公店溪。

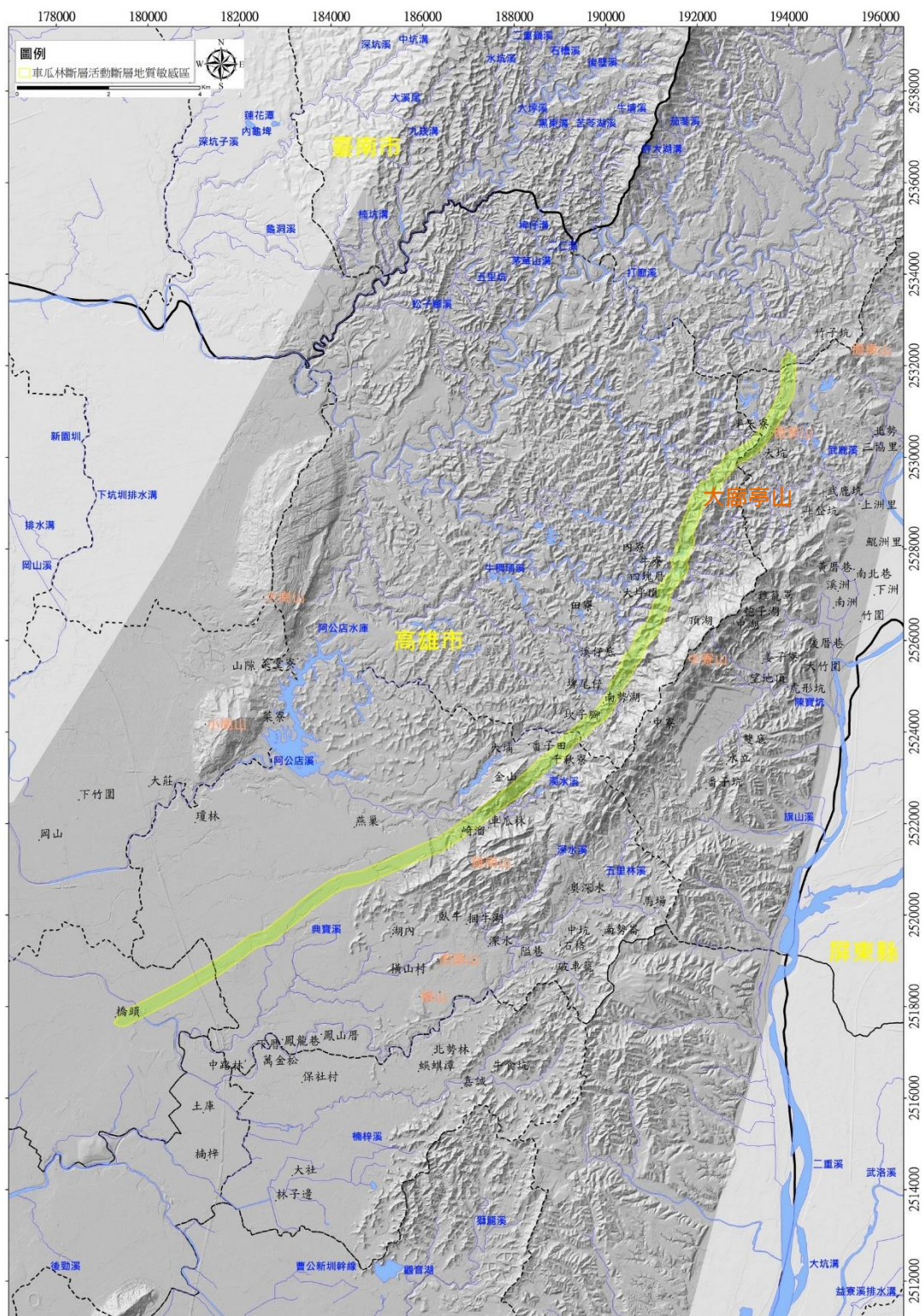


圖 3 車瓜林斷層活動斷層地質敏感區沿線之地形（LiDAR 資料），北起高雄市内門區南端，經旗山區、田寮區、燕巢區，南至橋頭區。

二、地層

臺灣南部高雄地區出露厚層泥岩為主，本區域以旗山圖幅（林啟文，2013）為基礎，增加調查資料，繪製車瓜林斷層條帶地質圖共 3 幅，並採用其地層劃分方式（圖 4、圖 5、圖 6 與表 2）。車瓜林斷層位於木柵斷層以西以及旗山斷層以北區域，木柵斷層上盤出露地層主要為長枝坑層、糖恩山層與鹽水坑頁岩；旗山斷層上盤為烏山層、蓋仔寮頁岩與南勢崙砂岩。烏山層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。木柵斷層與旗山斷層的下盤主要出露古亭坑層，以厚層泥岩偶夾薄層砂岩至暗灰色泥岩為主，局部夾石灰岩體，時代為中新世晚期至更新世（Chi，1979）。

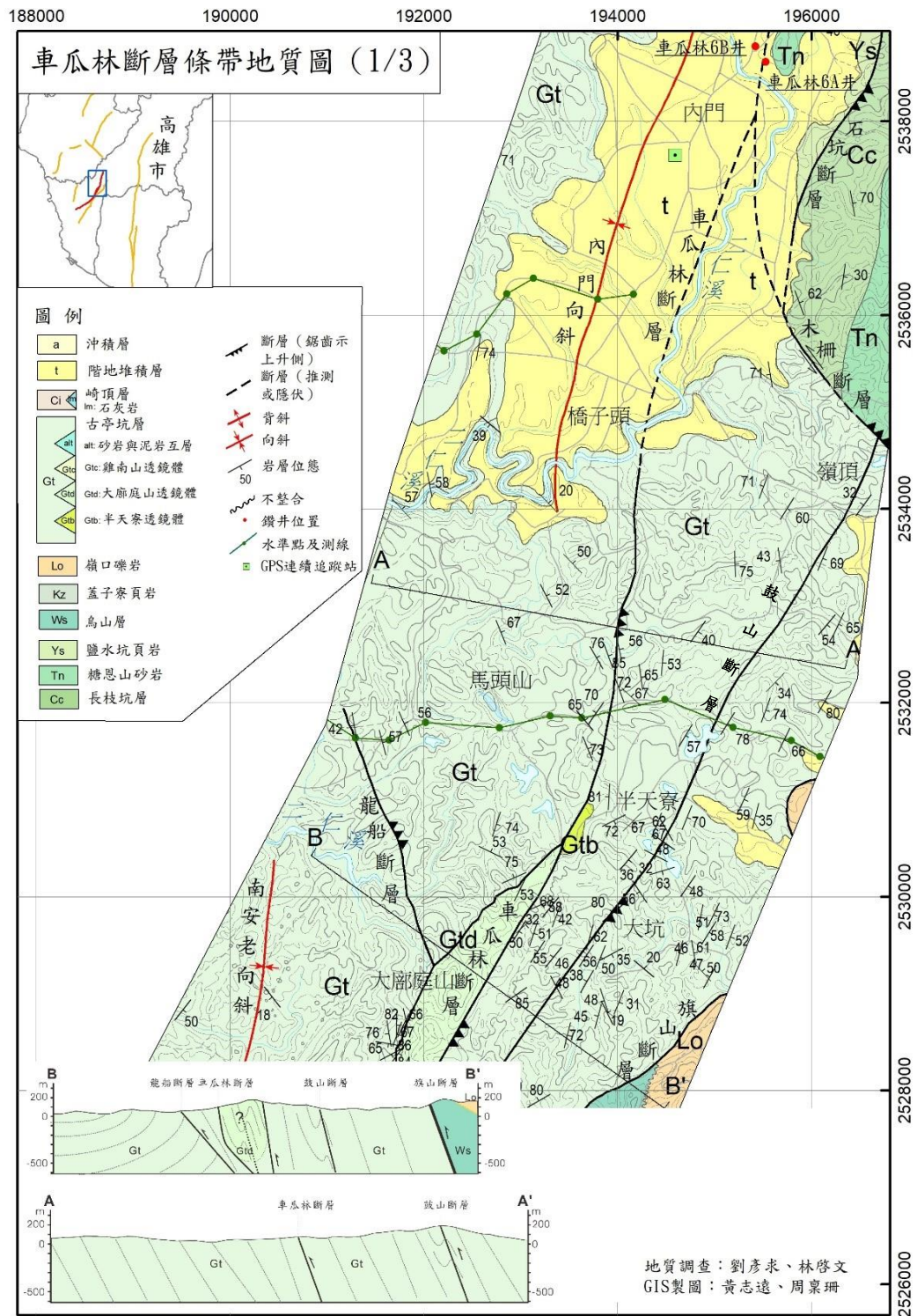


圖 4 車瓜林斷層條帶地質圖 (1/3) (林啟文等, 2021) (坐標系統：TWD97)，圖 11 岡山 - 安坡測線位於 AA' 剖面南側的台 28 線。

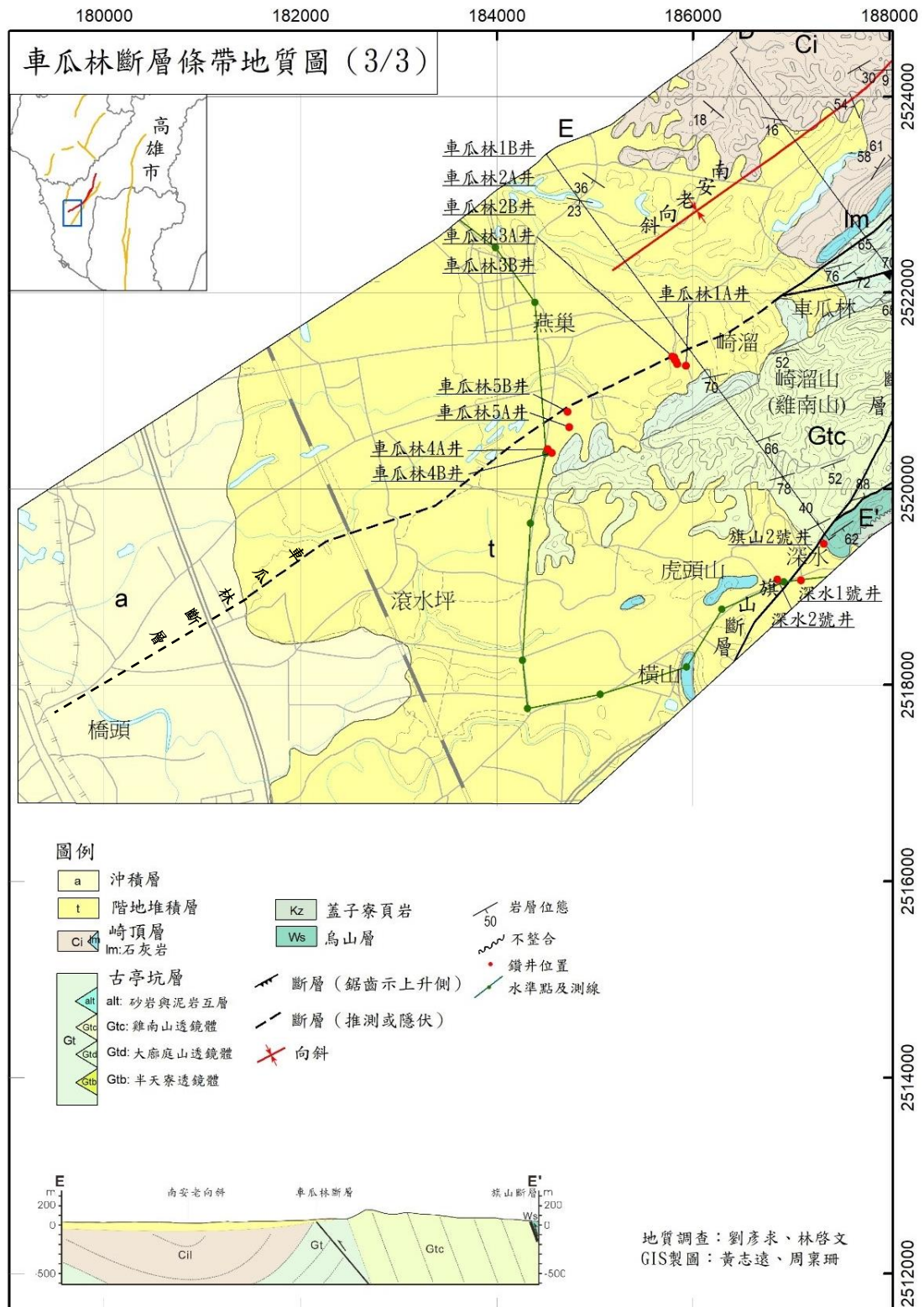


圖 6 車瓜林斷層條帶地質圖 (3/3)，引自林啟文等，2021 (坐標系統：TWD97)，平原區的點線表示斷層呈隱伏，指斷層存在於地下，表層被鬆軟沉積物所覆蓋，但此處車瓜林在地表具明顯線形崖，並延伸至橋頭糖廠北側，多處鑽探剖面顯示斷層已穿至地表，位置與線形崖極為相近 (黎明工程，2021、2022)。

表 2 旗山圖幅地層對比表與車瓜林斷層附近主要出露地層（紅色框線）（林啟文，2013）

吉田要 (1932)		鳥居敬造 (1932，1933)		耿文溥 (1981)		中國石油公司 (1989)		本(旗山)圖幅				
								木柵斷層以西 旗山斷層以北		旗山斷層 以東	木柵斷層 以東	
大岡山石灰岩								大岡山石灰岩				
								嶺口礫岩				
崎 頂 層	砂岩層	崎 頂 層	砂岩層	關廟層		六雙層		嶺 口 礫 岩	崎頂層		嶺口礫岩	
	石灰岩		二重溪層									
	頁岩質砂岩											
古 亭 坑 層	砂質頁岩層	古 亭 坑 層	砂質頁岩層	南化泥岩		古 亭 坑 層	古亭坑層		古 亭 坑 層	泥岩	大社層	
	砂岩層		砂岩層							泥岩		
木 柵 層	砂頁岩互層	木 柵 層	頁岩層	八張犁層		層	南勢崙砂岩		層	雞南山透鏡體	南勢崙砂岩	隘寮腳層
	砂岩層		十六份頁岩		蓋仔寮頁岩		泥岩	蓋仔寮頁岩		鹽水坑頁岩		
	礫岩層		玄武岩)				烏山層			龍船透鏡體	////////	
	砂頁岩互層				石內層					泥岩	烏山層	糖恩山砂岩
												長枝坑層

三、斷層性質

車瓜林斷層為逆移斷層，呈東北走向，北起高雄市内門，向西南延伸經旗山區大廊庭山，西南段在燕巢區崎溜為沖積層所掩覆，長度約 22 公里，具多處良好連續露頭，斷層帶寬至少數十公尺至 130 公尺以上，西南段明顯具右移分量，以下分述代表性的野外與鑽探剖面。

南勢湖剖面，位於國道 3 號田寮 3 號橋北側，車瓜林斷層帶出露良好，可追蹤連接下述烏山—高 40 線剖面，亦可於 GOOGLE EARTH 影像中直接判釋斷層跡位置。車瓜林斷層呈南南西走向，主斷層位態 $N30^{\circ}E/53^{\circ}E$ 。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（圖 7），斷層帶出露約 80 公尺寬。旗山斷層之斷層帶與車瓜林斷層之斷層帶在此相當接近，但局部可由具完整層序之岩層區別。

高 40 線南北側剖面，為本區最適於通視整個車瓜林斷層南段的斷層特性、斷層帶延伸以及與旗山斷層關係的地點。在烏山西側高 40 線北側的公墓小徑上，可辨識斷層帶延伸約 2 公里（圖 8A），車瓜林斷層帶寬約 110 公尺，由數條位態相近、呈髮辮狀交織之斷層泥帶所構成，位態約為 $N18^{\circ}E/40^{\circ}E$ （圖 8B）。

高 40 線南側剖面，出露車瓜林斷層的連續剖面（圖 9），剖面內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；此處主斷層位態 $N34^{\circ}E/67^{\circ}E$ ，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。

興聖宮剖面，位於車瓜林以南至燕巢市區之間，斷層帶最西緣受沖積層覆蓋（圖 10A、B），線形崖連續可清楚追蹤，上盤局部出露斷層帶；興聖宮北側剖面，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。車瓜林 1B 井（C~E）在 44.53 公尺深處由上盤古亭坑層（Gtc）鑽至下盤崎頂層（Cil），49.8 公尺處疏鬆砂岩（屬崎頂層）逆衝至沖積層（Al）上，斷面傾角約 50 度。

車瓜林斷層與滾水坪泥火山：在燕巢以西至橋頭之間為平原區，

大部分為平坦地形，局部有一突出高區稱為滾水坪，有多處噴泥口，除間歇活動，也曾多次遷徙，目前最活躍的是海拔高 36.1 公尺的滾水山，依據臺灣油田調查報告(1910)與歷史照片記載，噴泥口曾高達 5 公尺。依據施泉賢（2020）與南部科學園區橋頭園區開發計畫環境影響評估報告書：滾水坪東西兩側有 Y1 與 Y2 兩條近南北向震測剖面（圖 11）以及鑽探剖面，顯示斷層帶有多道裂隙，提供泥漿與瓦斯向上遷移通道；而滾水坪區域鑽探則顯示除了多道泥漿通道裂隙外，也記錄了曾大規模泥漿噴發所留下的堆積層（圖 12）。

大地變形觀測與長期滑移速率部分，2016 年至 2022 年高屏地區相對於澎湖白沙（SR01）之速度場，高屏地區的各觀測點位相對於 S01R 測站之水平速度場指出由東向西跨越旗山斷層之速度場，由約 60 mm/yr 降至約 50 mm/yr，顯示跨越旗山斷層與車瓜林斷層約有 10 mm/yr 之縮短量，並具有右移之分量；周遭有 5 至 15 mm/yr 的抬升速度。（圖 13）（景國恩等，2022）。

2011 年 11 月至 2016 年 2 月，世曦工程顧問公司在國道 3 號田寮 3 號高架橋及中寮隧道北口附近進行大地變位監測（楊名與景國恩，2013，2014，2016；楊名等，2018），以車瓜林斷層和旗山斷層為邊界將測區分為 3 個塊體：西北側的車瓜林斷層以北為塊體 I（Block I），車瓜林斷層以南至旗山斷層以北為塊體二（Block II）、旗山斷層以南為塊體三（Block III）。在水平位移部分，塊體 I 朝西南方移動，塊體二向西北方移動，塊體三向西南移動，兩斷層間水平速度有約 60 mm/yr 差異，跨越旗山斷層呈相對右移 10 mm/yr 與約 30 mm/yr 伸張量。三個塊體在垂直方向均上升，以塊體二上升速率 30-80mm/yr，塊體三上升速率約 0-10mm/yr；塊體 I 與塊體 II 之間跨車瓜林斷層約有 40-50mm/yr 的壓縮量與約 4mm/yr 左移（圖 14A-D）。

國工局在上述測區傾度管多無明顯變形現象，但穿過車瓜林斷層的 I-8 及 I-9 在深度 13-16m 循斷層持續向西北滑移；旗山斷層附近 I-10、I-11 則顯示孔口向南位移（圖 14E）。監測結果顯示，此 4 支傾斜管的變位非邊坡滑動造成，為旗山斷層與車瓜林斷層潛移造成，測區內經過車瓜林斷層道路數處持續推拱破裂（圖 14F），同為潛移所致，而 PS-InSAR 資料顯示車瓜林斷層西南端，跨越斷層也出現 5-

10mm/yr 的抬升量差異（圖 15）（顏君毅等，2021）。

長期滑移速率方面，車瓜林斷層上下盤於 18000 年前以來，兩側地殼均呈不等量的抬升，其中最大速率（ $3.8 \pm 0.9 \text{ mm/yr}$ ）位於上盤區域；最小速率（ $0.4 \pm 0.7 \text{ mm/yr}$ ）則位於下盤區域（丁權等，2016）。

車瓜林斷層長期滑移速率略小於其現代滑移速率（依 PS-InSAR、水準、GPS 等估算），除開方法不同導致誤差以及來料非同區域資料所導致差異之外，若現代斷層滑移速率比長期滑移速率快，通常為大地震之間的斷層潛移事件加大了滑移速率。在國道 3 號，中寮隧道北口與田寮三號橋（已拆除），因穿越旗山斷層與車瓜林斷層，受斷層潛移的影響而一直位移變形，除了此處之外，在燕巢運動公園、鄰近與滾水坪等車瓜林斷層的斷層帶附近，也出現斷層潛移現象，造成斷層帶上人工結構物：道路、電桿、牆壁、地板等受到影響，持續累積變形而破裂、歪斜與高差（圖 16、圖 17）（富國工程，2015）。

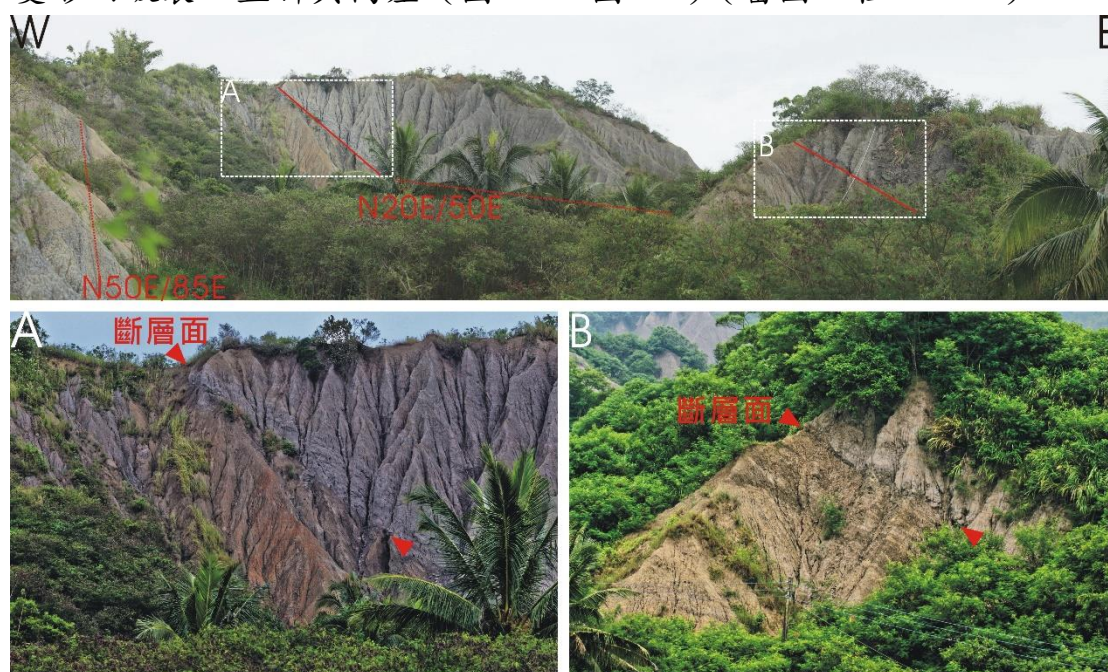


圖 7 南勢湖剖面，由田寮 3 號橋西側向北拍攝車瓜林斷層剖面。A 與 B 為主斷層的近拍。

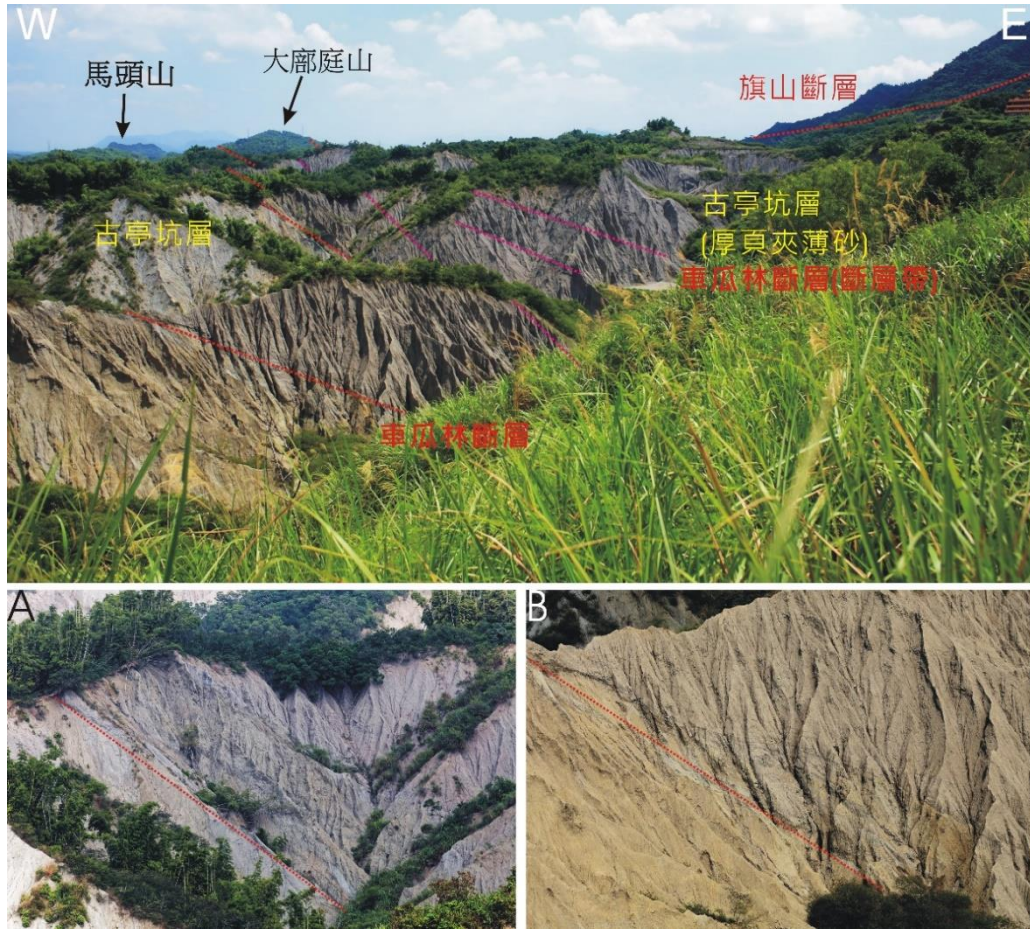


圖 8 高 40 線北側車瓜林斷層剖面，向北通視可觀察連續的車瓜林斷層帶延伸，A、B 為斷層近拍。



圖 9 (A)高 40 線南側車瓜林斷層連續剖面，古亭坑層受擾動或剪裂，上盤有數條與主斷層平行的分支斷層，岩層傾角向東逐漸變緩 (B)，主斷層截切另一組更陡的向東傾斜斷層 (C)，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斷層帶，由數條厚約數十公分斷層泥構成。

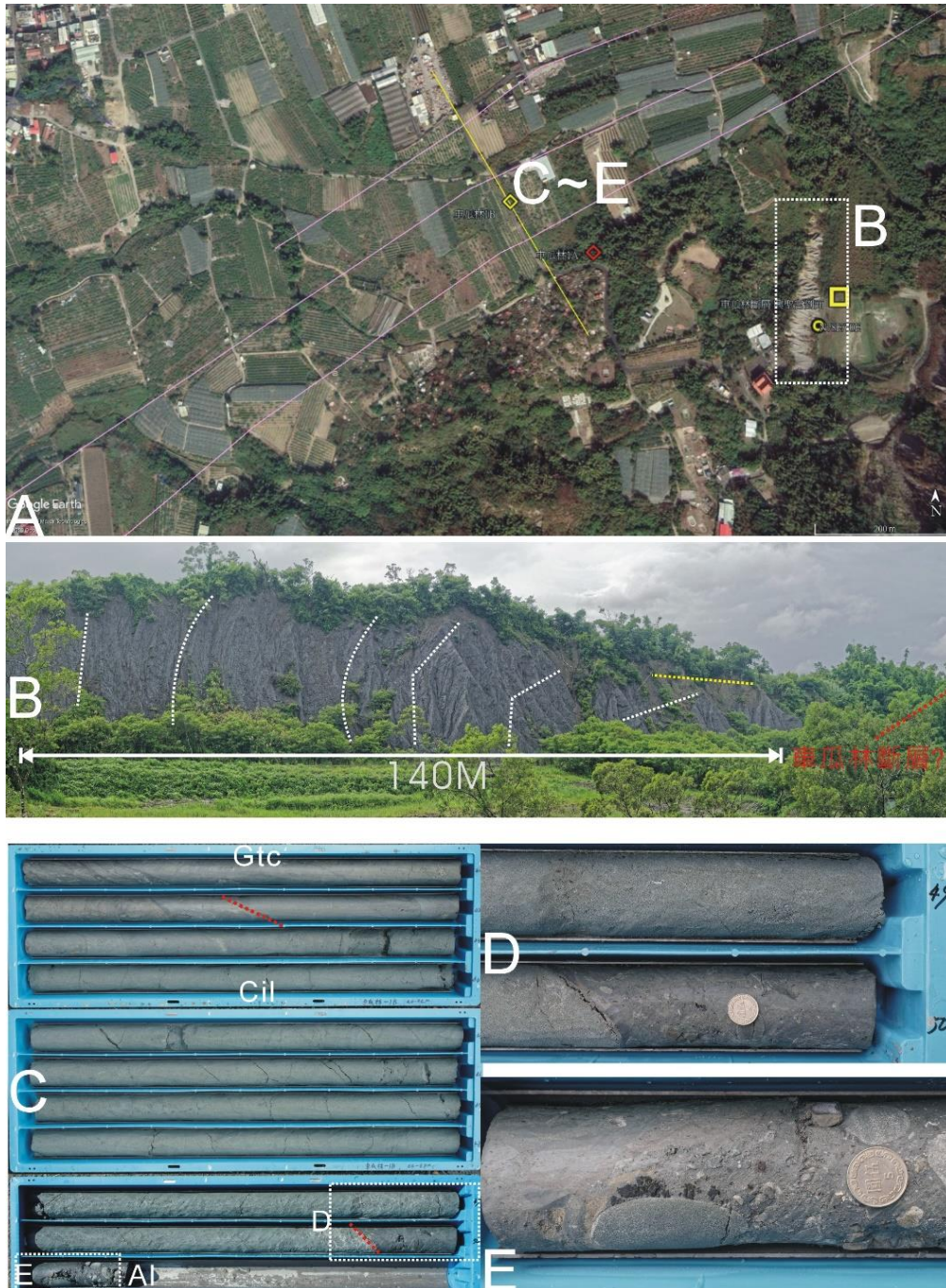


圖 10 車瓜林以南至燕巢市區之間，斷層帶最西緣受沖積層覆蓋 (A)，線形崖連續可清楚追蹤，上盤局部出露斷層帶；興聖宮北側剖面 (B)，斷層帶上局部覆蓋厚約 1~2 公尺的沖積層，由高角度向東南傾斜泥岩與其層間滑動面、岩層褶曲構成。新完成之車瓜林 1B 井 (C~E) 在 44.53 公尺深處由上盤古亭坑層 (Gtc) 鑽至下盤崎頂層 (Cil)，49.8 公尺處疏鬆砂岩 (屬崎頂層) 逆衝至沖積層 (Al) 上。(劉彥求，2019；顏一勤，2019)

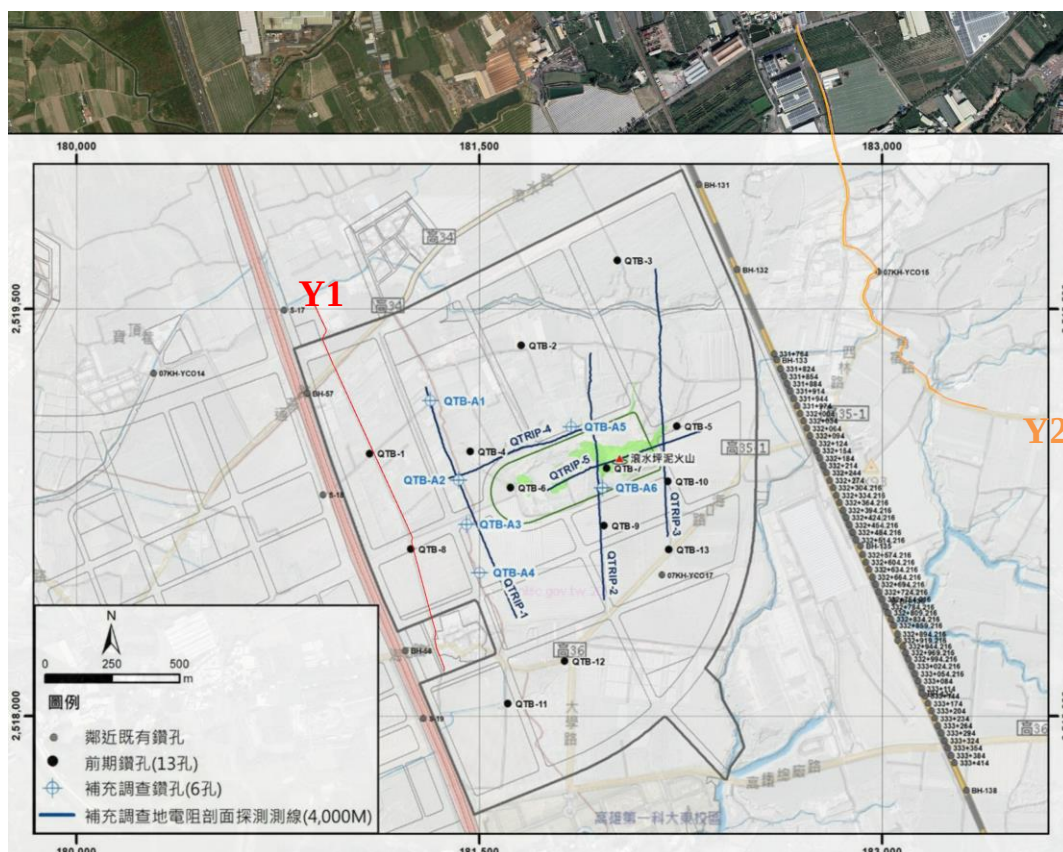


圖 11 施泉賢（2020）的 Y1、Y2 震測剖面與橋頭科學園區開發計畫進行的地質調查鑽探與地電阻配置位置圖。

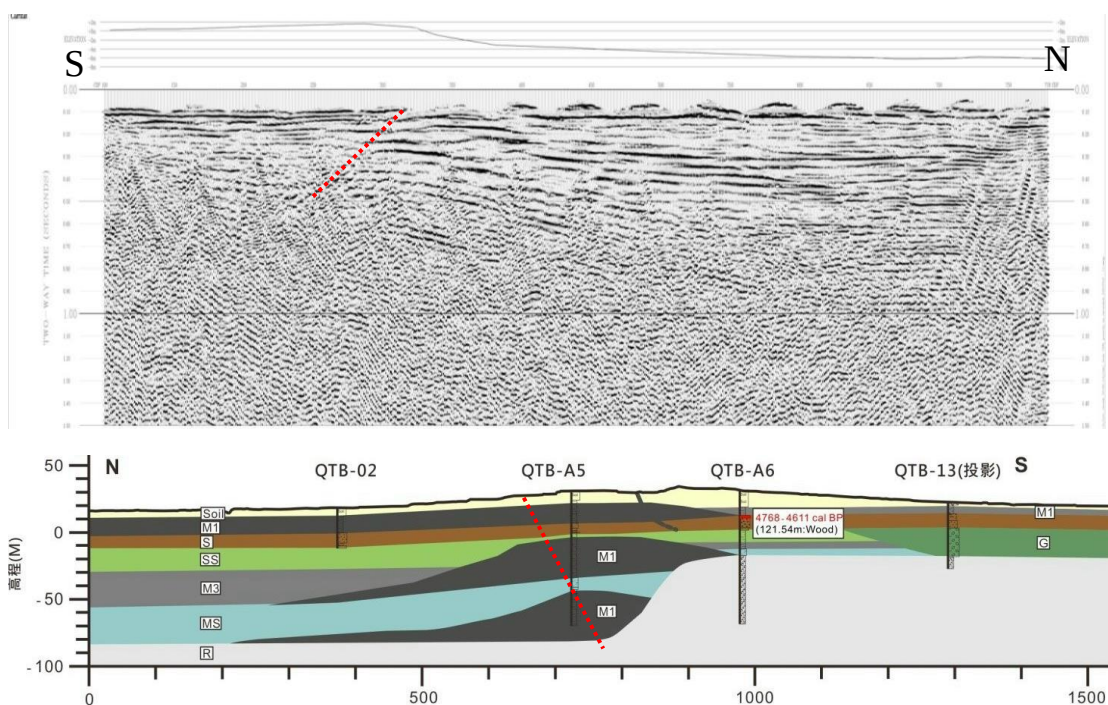


圖 12 上：施泉賢（2020）的 Y1 原始剖面與車瓜林斷層；下：橋頭科學園區基地地質剖面 2，M1 為滾水坪下的泥漿堆積層，呈水平延伸（科技部南部科學園區管理局，2021）。

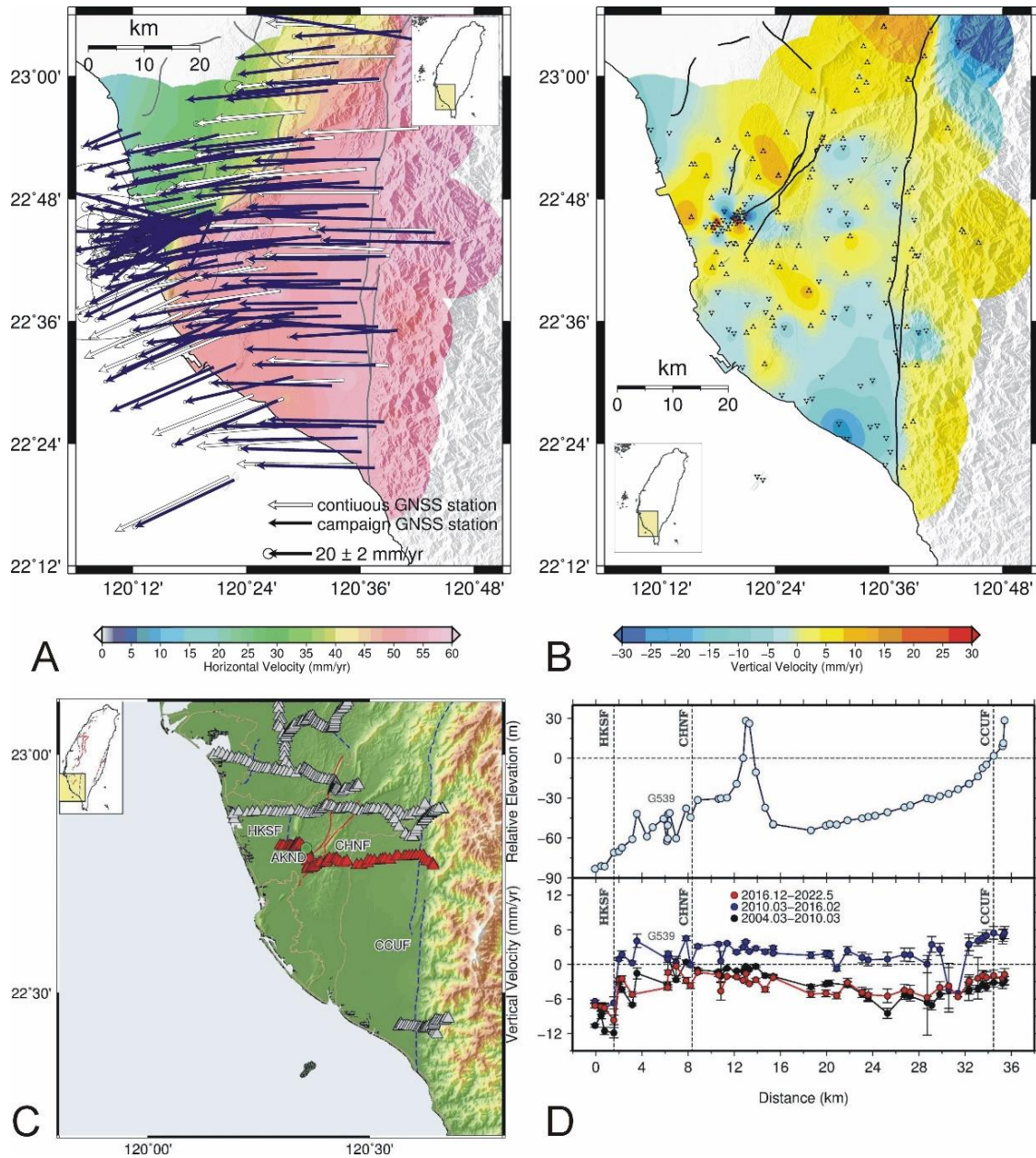


圖 13A：高屏地區 2016-2022 相對於澎湖白沙站（S01R）之 GNSS 水平方向速度場。B：高屏地區相對於澎湖白沙站（S01R）2016-2022 年速度場垂直方向速度場，三角形方向表示抬升或沉降，暖色系表示抬升速率，冷色系表示沉降速率。C、D：台 22_岡山至安坡測線水準高程變化圖，測線位置詳見圖 4 與說明，HKSF 為小崗山斷層、CHNF 為旗山斷層（此處與車瓜林斷層相當接近）、CCUF 為潮州斷層。（景國恩等 2022）

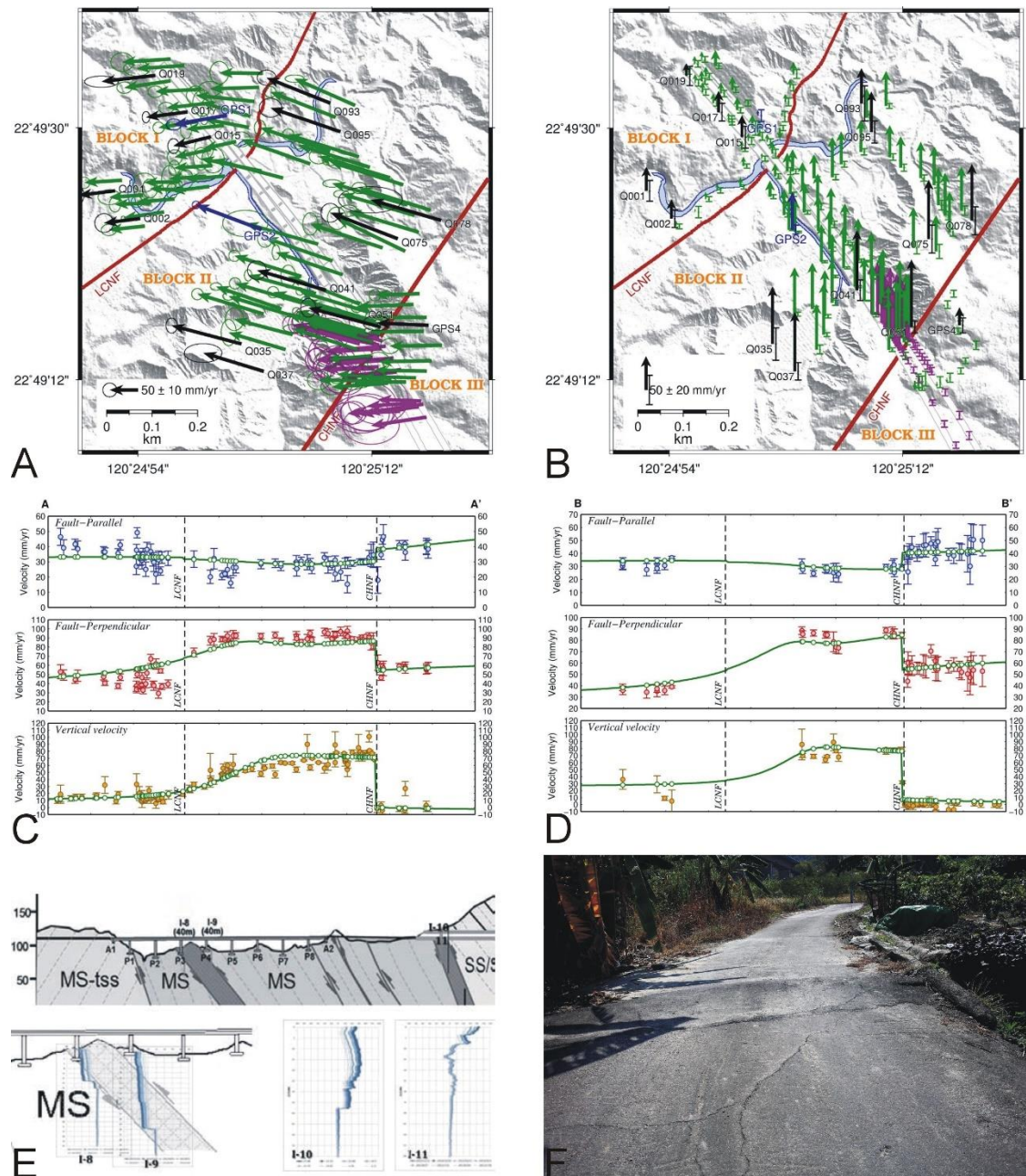


圖 14 A、B：國道 3 號田寮 3 號高架橋及中寮隧道北口附近測區相對於 S01R 之水平速度場與垂直速度場（2011.11-2014.10）（陳勇昇，2015）。C、D 測區兩條（A-A'、B-B'）西北東南向剖面之速度剖面，藍色點為平行斷層走向速率、紅色點為垂直斷層走向速率、黃色點為垂直速率、綠色點為擬合之結果、綠色線為擬合線（陳勇昇，2015）。E：測區之傾度管監測成果，剖面位置如標示橋墩編號（陳國隆等，2018）。F：田寮三號橋下方道路，跨越車瓜林斷層(其文章與上圖標示為 LCNF)處受斷層潛移影響，持續擠壓隆起破裂，向東拍攝；調查區域位置參見圖 5 與說明。

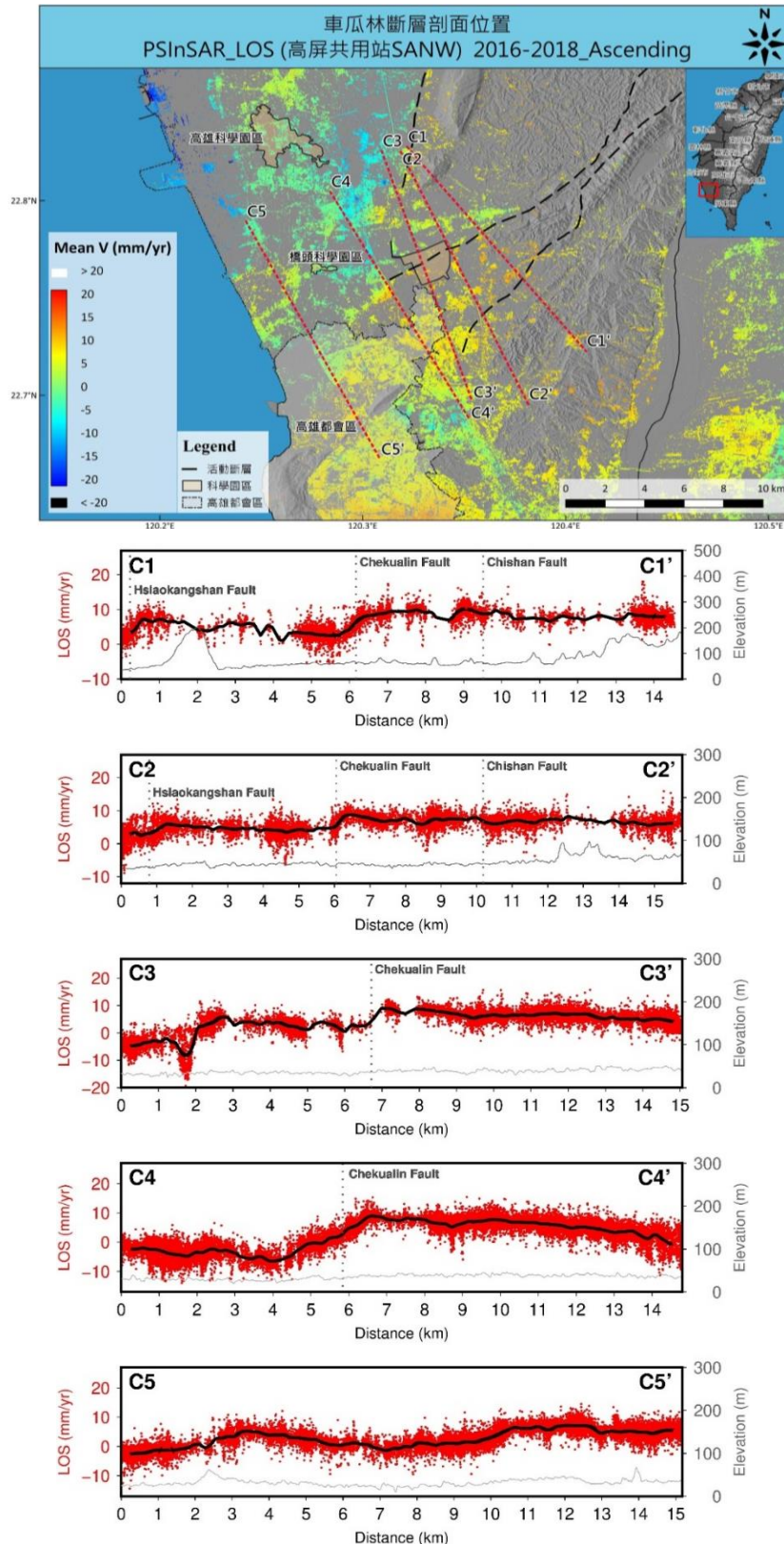


圖 15：車瓜林斷層 2016-2018 升軌道影像的 LOS 平均速度場與剖面圖。紅點為 PS-InSAR 速度，黑線為平均值線，灰色虛線為斷層位置，跨過車瓜斷層約有 5~10 mm/yr 的差異（顏君毅等，2021）。

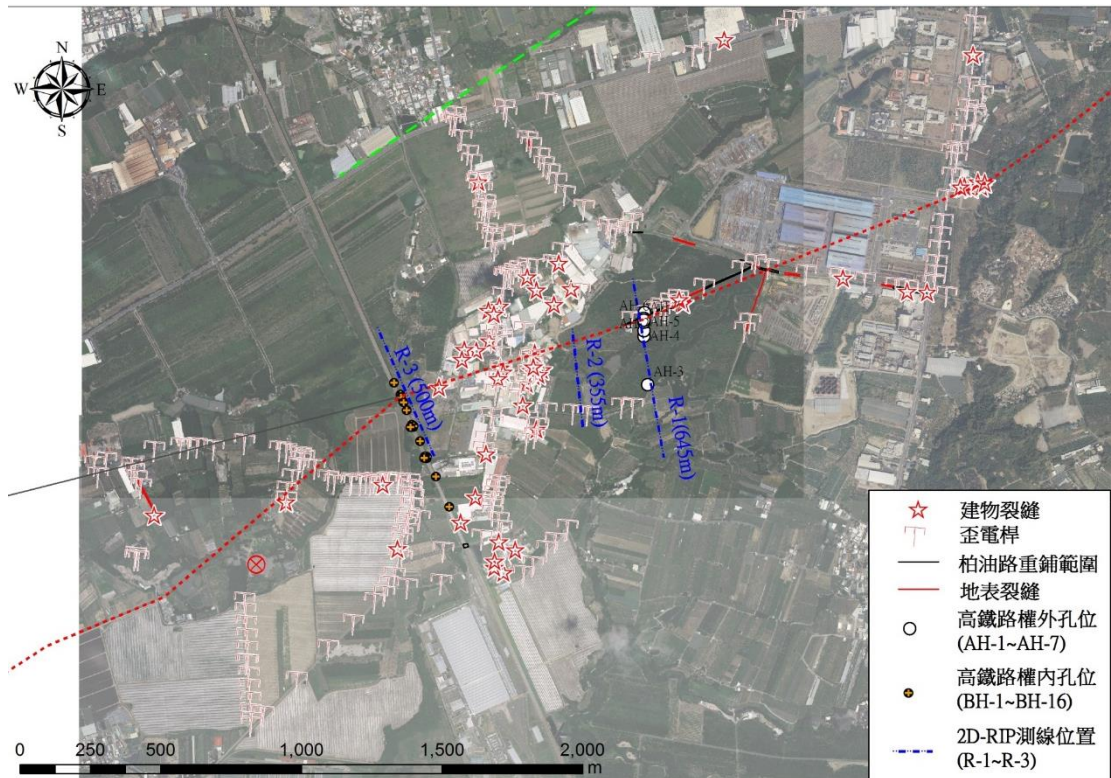


圖 16：車瓜林斷層南段的地表潛移位置（富國工程，2015）。



圖 17：車瓜林斷層潛移，造成結構物受破壞的現象（富國工程，2015）。

伍、 參考資料

本地質敏感區之標的斷層車瓜林斷層調查資料已多有專書及報告記載，詳請參考臺灣活動斷層調查的近期發展（林啟文等，2021）、臺灣南部車瓜林斷層的構造特性研究（劉彥求等，2019）及臺灣東部及南部的活動斷層：二萬五千分之一活動斷層條帶圖說明書（林啟文等，2009）等相關資料。

（一） 英文參考資料

Chi, W.R. (1979) A biostratigraphic study of the late Neogene sediments in the Kaohsiung area based on calcareous nannofossil: *Proc. Geol. Soc. China*, 22, 121-144.

（二） 中文參考資料

丁權、張正男、邵昀霆、李正兆、何樹根、陳文山(2016 年 5 月 16-20 日)。高雄燕巢地區車瓜林斷層的活動性調查[學術研討會報告摘要]。2016 年臺灣地球科學聯合學術研討會，台北南港展覽館。

中國石油公司臺灣油礦探勘總處（1989）台南幅，比例尺十萬分之一地質圖。中國石油公司出版。

吉田要（1932）高雄州旗山南西部油田調查報告及旗山南西部油田地質圖（三萬分之一）。臺灣總督府殖產局，第 610 號，162 頁。

林啟文（2013）旗山圖幅及說明書，五萬分之一臺灣地質圖第 56 號。經濟部中央地質調查所，共 93 頁。

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

林啟文、游鎮源、洪國騰、周稟珊（2012）臺灣南部臺南-高雄泥岩區的地質構造研究，經濟部中央地質調查所彙刊，第 25 號，第 143-174 頁。

林啟文 劉彥求 周稟珊 林燕慧（2021）臺灣活動斷層調查的近期發展，經濟部中央地質調查所彙刊，第 34 號，第 1-40 頁。

- 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。
- 胡植慶、劉啟清、饒瑞鈞、李元希、鄭錦桐、張午龍、陳卉瑄、景國恩、唐昭榮（2012）斷層活動性觀測研究第二階段-斷層監測與潛勢分析研究，第二階段總結報告書。經濟部中央地質調查所委託研究報告，共 422 頁。
- 胡植慶等（2016）斷層活動性觀測研究第三階段-斷層整合性觀測與潛勢分析總報告。經濟部中央地質調查所，共 450 頁。
- 科技部南部科學園區管理局(2021)(1100262A) 南部科學園區橋頭園區開發計畫環境影響評估報告書，共 2435 頁。
- 耿文溥(1981)台南以東丘陵區之地質。經濟部中央地質調查所彙刊，第 1 號，第 1-31 頁。
- 陳勇昇（2015）藉由大地測量資料探討龍船斷層與旗山斷層之間震變形特性。國立成功大學測量及空間資訊學系，共 79 頁
- 陳國隆（2018）月世界地區隧道遭遇斷層之變位監測案例探討。中華技術 No.119，第 106-121 頁。
- 烏居敬造（1933）高雄州旗山油田調查報告及旗山油田地質圖（三萬分之一）。臺灣總督府殖產局，第 633 號，36 頁。
- 景國恩等（2022）重要活動斷層地區地表變形觀測與斷層潛勢評估（2/2）報告書，經濟部中央地質調查所 111 年度委託專業服務期末報告，共 465 頁。
- 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。
- 楊 名、景國恩（2013）國道 3 號田寮 3 號高架橋及中寮隧道安全檢測、監測技術服務委外監測變位分析與評估工作。臺灣世曦工程顧問公司委託計畫報告，共 145 頁。
- 楊 名、景國恩（2014）國道 3 號田寮 3 號高架橋及中寮隧道安全檢測、監測技術服務委外監測變位分析與評估工作（103）。臺灣世曦工程顧問公司委託計畫報告，共 162 頁。
- 楊 名、景國恩（2016）國道 3 號田寮 3 號高架橋及中寮隧道長期改善設計、監測技術服務委外大地變位監測分析與評估工作

- (105)，臺灣世曦工程顧問公司委託計畫報告，共 189 頁。
- 楊 名、景國恩、楊智堯、吳宗翰、吳文隆、蕭秋安 (2018) 廣域大地變位之利用 GPS 監測分析與解算-以國道 3 號田寮 3 號高架橋及中寮隧道大地變位監測為例，中華技術 No.119， 122-135 頁。
- 福留喜之助 (1910) 臺灣油田調查報告。臺灣總督府民政部殖產局出版，257 頁
- 黎明工程顧問股份有限公司 (2021) 110-111 年活動斷層地下地質探查 (1/2) 報告書，中央地質調查所委託服務報告，共 404 頁。
- 黎明工程顧問股份有限公司 (2022) 110-111 年活動斷層地下地質探查 (2/2) 報告書，中央地質調查所委託服務報告，共 408 頁。
- 劉彥求、林啓文 (2019) 臺灣南部車瓜林斷層的構造特性研究。經濟部中央地質調查所特刊，第 34 號，第 53-82 頁。
- 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。
- 顏一勤 (2020) 109 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 415 頁。