

口宵里斷層地下構造特性與向北延伸性初探

童煜翔 黎明工程顧問股份有限公司 / 組長、應用地質技師

尤芊翔 黎明工程顧問股份有限公司 / 工程師、應用地質技師

一、前言

臺灣位於歐亞板塊與菲律賓海板塊的碰撞帶，地震頻繁，引致本島斷層活動造成地表破裂、建築物倒塌與土壤液化等災情，往往造成嚴重傷亡與災損。經濟部地質調查及礦業管理中心（以下簡稱地礦中心，即改編前之地調所）則依地質法規範，陸續進行活動斷層調查劃定與公告，提供活動斷層相關的地質資訊，作為國土規劃、土地開發以及災害防治的參考。

地礦中心依據 2016 年以來調查的結果，於 2021 年更新活動斷層分布圖，共計新增初鄉斷層、口宵里斷層及車瓜林斷層等 3 條斷層，總計 36 條活動斷層已被劃定並公告。

口宵里斷層位於臺灣西南部臺南市東側淺山區，呈北北東縱跨包含楠西、玉井、左鎮等三區。由於口宵里斷層在北段（楠西區照興以北）因缺乏明確且充足之地表露頭證據作為斷層跡劃設參考點，尤其在曾文二號橋以北至曾文水庫南岸區域更為缺乏，因此口宵里斷層過去不同研究單位提出各種不同版本，主要差異均在於口宵里斷層北段區域。

本文藉由地形判釋、地表露頭調查及地下地質鑽探調查來瞭解口宵里斷層北段地下地質構造特性以及曾文二號橋以北區域延伸之可能性進行初步研析，以供後續相關單位用於防災、土地利用決策之參考。

二、口宵里斷層文獻回顧

口宵里斷層最早係由烏居敬造（1932）在臺南州新化油田調查報告及新化油田地質圖中所提出，但繪製範圍僅及於曾文溪附近至左鎮之間，而後六角兵吉等（1934）在臺南州玉井油田調查報告及玉井油田地質圖調查後，將其往北延伸至嘉義縣大埔鄉曾文水庫南岸山區一帶；爾後中國石油公司（1989）、何信昌等（2005）地質圖均有圖示（如圖 1）。

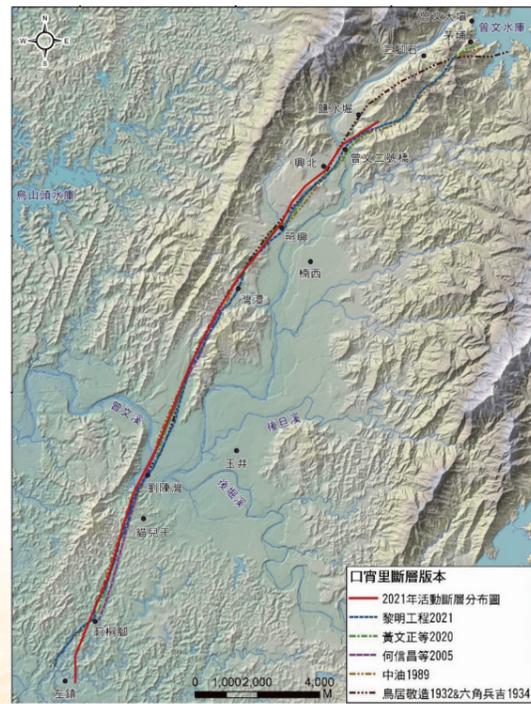


圖 1 各單位口宵里斷層跡分布及地形圖

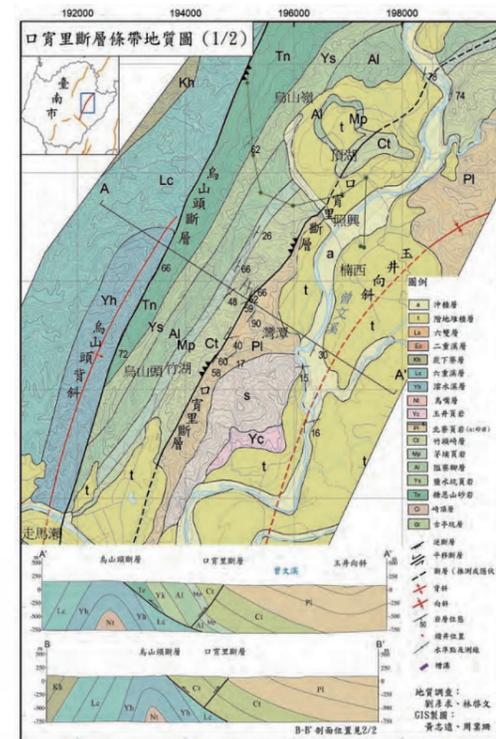
口宵里斷層，呈北北東走向，為逆斷層，斷層面向西傾斜約 40°。斷層北起臺南市楠西區，經玉井至左鎮附近，長約 21 公里。斷層截切年代 12670±40 yr BP 階地堆積層，研判堆積層沉積後有 2 次事件，屬於第二類活動斷層（地礦中心，2021），為烏山頭斷層的背衝斷層（backthrust）。有關口宵里斷層之地形、地質、斷層性質等，茲分述如下。

1. 地形

口宵里斷層沿著玉井盆地西側分布，涵蓋丘陵、盆地與曲流地形（圖 1）。

口宵里斷層自北於曾文水庫南側至曾文二號橋一帶，呈現單面山或豚背嶺地形，主要為砂頁岩互層岩性差異侵蝕導致。口宵里斷層在曾文二號橋以北的深坑溪大致沿主流分布，但從地形未發現明顯特徵，至北端茅埔區域則看不出斷層跟地形之間關聯。

曾文二號橋至照興地區，於曾文溪的西岸

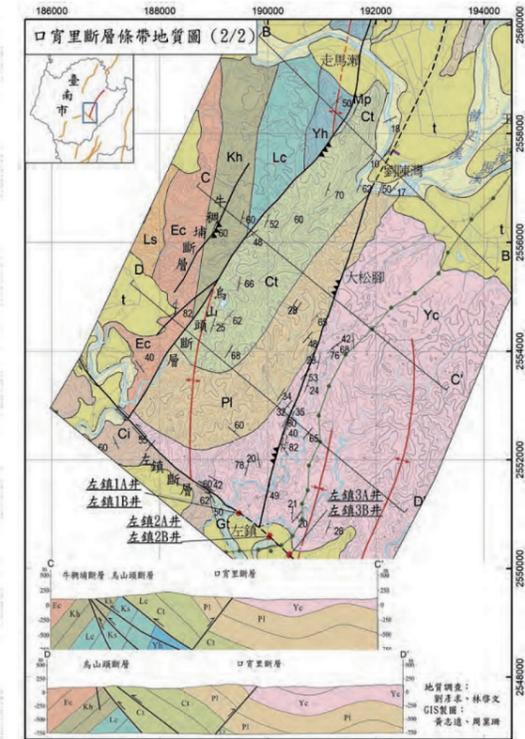


為平坦的河階地形，黃文正等（2020）由數值地形及野外調查結果，發現有兩道與斷層同向的地形崖，高差介於 3~10 m。灣潭在曾文溪西岸的階地，有一道與斷層同向的地形崖，高差約 40 m，崖長 700 m。內豐地區西側有兩階河階地，階地上出現數道與斷層同向的地形崖，高差介於 3~5 m。至劉陳灣地區，河階地地形未發現受斷層影響跡象。劉陳灣以南則為新化丘陵，為惡地地形，難以追跡斷層影響之地形特徵。

2. 地層

口宵里斷層上盤地層為竹頭崎層及北寮層，下盤為北寮層、玉井頁岩及階地堆積層，斷層條帶地質圖如圖 2 所示。

隨著口宵里斷層滑移量向南北兩端逐漸減小，構造形貌漸由斷層轉為單斜褶皺與其軸部破裂，斷層北端上盤改為隘寮層與茅埔頁岩，下盤為竹頭崎層；斷層南端上下盤由於滑移量減小均為玉井頁岩。



資料來源：地礦中心彙刊第三十四號（2021）

圖 2 口宵里斷層條帶地質圖：各剖面顯示烏山頭斷層與口宵里斷層的距離約 1~3 公里

3. 斷層特性

由野外出露與斷層特性，口宵里斷層分為北中南三段：北段－灣潭以北、中段－灣潭至劉陳灣、南段－劉陳灣至左鎮。

- (1) 北段－灣潭以北：斷層沿線多階地，部分高位階面留存線狀崖，斷斷續續延伸至曾文二號橋；橋南側岩層呈膝折形褶曲，西側為向東傾斜 60°~70° 岩層，線狀崖東側為向東傾斜 10°~30° (圖 3)。野外調查斷層僅延伸至曾文二號橋，以北區域因缺乏露頭無法確認斷層是否繼續延伸或已經尖滅 (地礦中心，2021)。
- (2) 中段－灣潭至劉陳灣：灣潭地區小溪溝的露頭有一明顯界面，西側為厚層泥岩偶夾薄層砂岩，層面位態 N43°E/71°E，西側有密集裂面，但未發現剪切構造；東側為中至厚層泥質砂岩偶夾薄層泥岩，層面位態 N5°E/23°E；此界面可能為斷層地表延伸。劉陳灣出露約 1 公里寬連續剖面 (圖 4)，上盤厚層砂頁岩互層屬於竹頭崎層，呈高角度向東傾斜甚至倒轉，向東逆衝至北寮頁岩

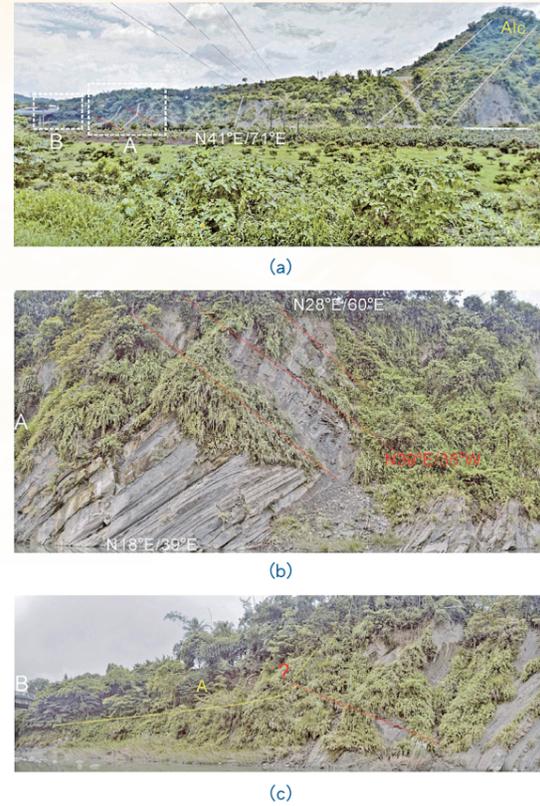
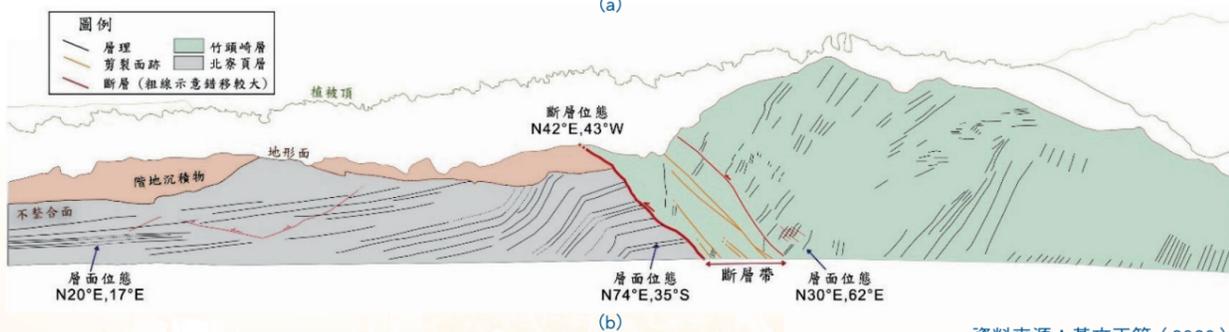


圖 3 曾文二號橋南側地層褶皺與斷層露頭位置：(a) 曾文二號橋南側剖面全景；(b) 在橋附近岩層位態呈膝折形式陡變，由西側近 60°~70°，膝折帶中發育數道向西傾斜約 30°~40° 的逆斷層；(c) 在地形崖東側轉為僅約 10°~30°

資料來源：劉彥求等 (2020)



資料來源：黃文正等 (2020)

圖 4 劉陳灣地區之口宵里斷層地質露頭剖面：(a) 壁面岩層出露完整的斷層帶露頭；(b) 上盤岩層有褶曲、錯斷的現象，下盤岩層出現類似急折褶皺的變形，斷層帶中層面呈高傾角，有數條延伸數公尺剪裂帶 (橘色實線)

與階地堆積層之上，斷層位態 N2°E/38°W；下盤階地礫石受斷層錯移並撓曲 (黃文正等，2020)。

- (3) 南段－劉陳灣以南至左鎮：劉陳灣斷層崖向南延伸，崖高逐漸降低與河溝侵蝕，線狀崖特徵逐漸不明顯。貓兒干地區距離曾文溪河岸約 700 m，有一層面傾角驟變露頭 (圖 5)，露頭中斷層向西傾斜約 30°~40°，斷層東側出露厚層泥岩，剪裂帶西側出露薄層砂岩與頁岩互層。另一距曾文溪河岸約 1 公里處露頭，可觀察一小型斷層，斷層兩側岩性為泥岩層夾薄砂岩層，斷層東側層面傾角較緩，西側層面傾角較陡，約為 50°~70° 向東傾斜。左鎮附近，僅呈現單斜與軸部的向西傾斜小型斷層，推測已尖滅 (黃文正等，2020)。



資料來源：黃文正等 (2020)

圖 5 貓兒干兩處岩層位態驟變的露頭：(a) 露頭中出現一向西傾斜的斷層；(b) 小斷層西側岩層呈高傾角，東側岩層呈低傾角

4. 地下地質特性

依據野外岩性、層態與構造特性繪製的地下剖面顯示 (地礦中心，2021)，口宵里斷層可能為其西側烏山頭斷層的背衝斷層，圖 3 中的各個剖面可以發現兩條斷層的距離 1~3 公里。由地層分布與層態可以發現口宵里斷層的最大斷距可能在劉陳灣剖面，且可能是斷層最早發生之處，斷層上盤為茅埔頁岩與竹頭崎層向東傾斜構成同斜構造，斷層下盤為竹頭崎層與北寮頁岩向東緩傾斜；斷層兩側的傾角有明顯差異，曾文溪岸劉陳灣可以明顯看出斷層帶與岩層傾角的變化，然後向南北兩側逐漸擴展，斷距也逐漸減小。

5. 斷層活動特性

劉彥求等 (2020) 於劉陳灣曾文溪南岸，由下盤礫石層內部撓曲不整合接觸關係、礫石層受斷層錯動的截切關係研判，礫石層堆積後至少可見 2 次活動事件，礫石層底部經由 C-14 定年為 12,670±40BP，證實一萬兩千年以來有活動紀錄。

黃文正等 (2020) 認為曾文溪河階面出現高低落差與斷層活動有關連，對不同河階地沉積物進行 C-14 定年及 OSL 定年，口宵里斷層若 4,000 年內持續活動，則垂直滑移速率至少小於 9.5 mm/yr，斷層滑移速率小於 13.9 mm/yr，若 1.2 萬年內持續活動，則垂直滑移速率至少小於 3.2 mm/yr，斷層滑移速率須小於 4.6 mm/yr。

三、曾文二號橋至照興地下構造特性

由於口宵里斷層在劉陳灣曾文溪南岸、貓兒干地區有明顯斷層露頭可界定斷層位置；貓兒干以南至斷層南端，亦可由露頭中零星剪切帶及層面傾角變化處界定斷層位置；劉陳灣以北至斷層北端，因缺乏直接斷層露頭證據，僅能由岩層傾角變化處或階地中出現地形線形崖位置來推測斷層可能位置，尤以曾文二號橋以北地形線形更不明顯。

考量照興以北至曾文二號橋以南，斷層線形不明顯，僅存部分連續性不佳之線形崖，且照興地區有較多保全對象，故優先針對曾文二號橋至照興之間之地形線形進行地質鑽探調查工作（圖 6）以釐清口宵里斷層於北段之地下地質構造特性。

本計畫共完成 6 孔地質鑽探及 3 組地質構造剖面。由 3 組地質鑽探剖面結果並參考鄰近的露頭與地形特徵，整體而言，口宵里斷層上盤岩層傾角介於 35° 至 65° 之間並伴隨褶皺及剪裂帶，通過剪裂帶進入下盤，岩層傾角和緩介於 5° 至 35°，依此可推測口宵里斷層的位置。以下分別針對各組剖面進行說明。

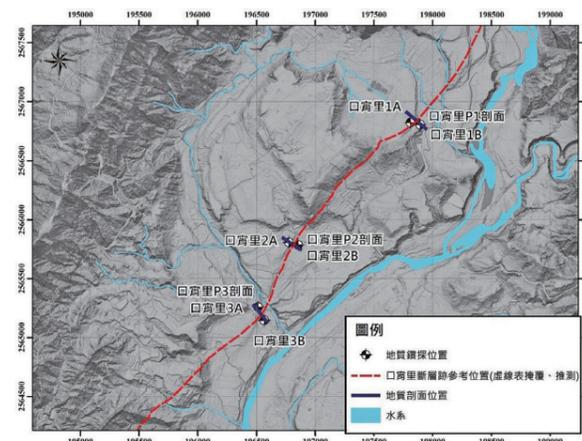


圖 6 曾文二號橋至照興地區鑽探位置圖

1. 口宵里 P1 剖面：

本剖面鑽井包含口宵里 1A (100 m)、口宵里 1B (50 m)，剖面平面位置圖如圖 6 及地質剖面圖詳見圖 7。

- (1) 地形特徵：地表地形崖頂部位於水平距離 70 m 處、地形崖趾部位於 134 m 處。
- (2) 剖面地層分布：由淺至深為全新世階地堆積層、竹頭崎層。竹頭崎層在斷層上盤側口宵里 1A 井，岩性較接近粉砂質砂岩，部分岩層有強烈生物擾動；下盤側口宵里 1B 井，則為細至中砂岩，岩層皆有劇烈生物擾動。
- (3) 地層褶曲特性：口宵里 1A 井岩層傾角隨深度增加有明顯變化，在 0 至 40 m，介於 35° 至 45°，接近 40.2 m (斷層通過處) 深度傾角變陡至 55°，過該深度後岩層傾角介於 20° 至 25° 之間。1B 井無明顯傾角變化，傾角介於 15° 至 20°。
- (4) 斷層剪切構造特性：口宵里 1A 井剪切面分布於 5.5、25.5 至 27.1 m、39.5 至 40.4 m，其中 40.2 m 最為劇烈，為一夾有泥質及剪碎角礫之破碎帶。在 40.4 m 以下則無剪切出現，已進入下盤。1B 井則未發現剪切構造，顯示該井位於下盤。

綜合前述，本 P1 剖面研判口宵里斷層通過口宵里 1A 井深度 40.2 m 處，斷層面傾角測量自本計畫在口宵里 1A 井 40 m 附近量測到的 40° 剪裂帶、黃文正等 (2020) 在劉陳灣量測到的 43°W、劉彥求等 (2020) 在劉陳灣量測到的 38°W，本計畫評估後認為口宵里斷層面傾角為 40°。

2. 口宵里 P2 剖面：

本剖面鑽井包含口宵里 2A (100 m)、口宵里 2B (50 m)，剖面平面位置圖如圖 6 及地質剖面圖詳見圖 8。

- (1) 地形特徵：地形崖頂部位於水平距離 59 m 處、地形崖趾部位於 119 m 處。
- (2) 剖面地層分布：本剖面地層與 P1 剖面類似。位於下盤側口宵里 2B 井，其階地堆積層厚度較上盤側 2A 井厚。下方竹頭崎層皆為中層至厚層粉砂質砂岩偶夾細砂岩。
- (3) 地層褶曲特性：口宵里 2A 井岩層傾角變化劇烈，在地表至 56.3 m 處傾角介於 60° 至 90°，並伴隨剪裂帶出現，56.3 m 以下傾角介於 15° 至 25° 之間。2B 井無明顯傾角變化，介於 15° 至 35°。
- (4) 斷層剪切構造特性：口宵里 2A 井剪裂帶分布於 23.8 至 30.0 m、42.3 至 56.3 m，其中在 42.3、54.3、56.3 m 出現伴隨岩層撓曲的

剪裂帶。至 56.3 m 以下則無剪切出現，已進入下盤。2B 井則未發現剪切構造，顯示該井位於下盤。

綜合前述，本 P2 剖面研判口宵里斷層通過口宵里 2A 井深度 56.3 m 處的剪裂帶，呈現急折褶皺伴隨剪裂面發育，未發現夾角礫之破碎帶。

3. 口宵里 P3 剖面：

本剖面包含口宵里 3A (100 m)、口宵里 3B (50 m) 剖面平面位置圖如圖 6 及地質剖面圖詳見圖 9。

- (1) 地形特徵：地形崖頂部位於水平距離 84 m 處、地形崖趾部位於 108 m 處。
- (2) 剖面地層分布：本剖面地層與 P1、P2 剖面類似。位於下盤側口宵里 3B 井，其階地堆積層厚度較上盤側 3A 井厚。下方竹頭崎層皆為砂質頁岩偶夾細砂岩。
- (3) 地層褶曲特性：口宵里 3A 井在 60.2 m 前岩層傾角介於 40° 至 55°，並伴隨小褶皺出現，在 60.2 m 後約為 15°。3B 井無明顯傾角變化，岩層傾角介於 5° 至 15°。
- (4) 斷層剪切構造特性：口宵里 3A 井於 52.4、54.3、60.2 m 處出現小型褶皺伴隨剪裂帶現象。3B 井則未發現剪切構造，顯示該井位於下盤。

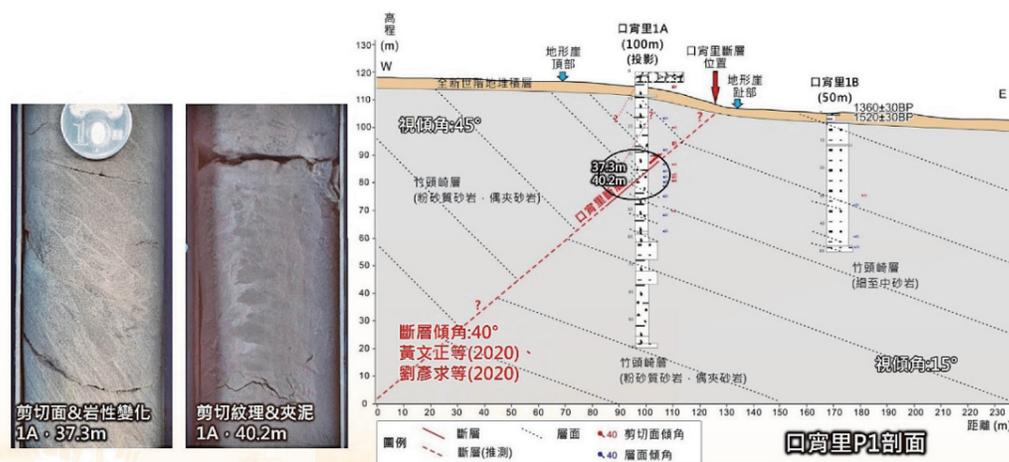


圖 7 口宵里 P1 地質剖面圖

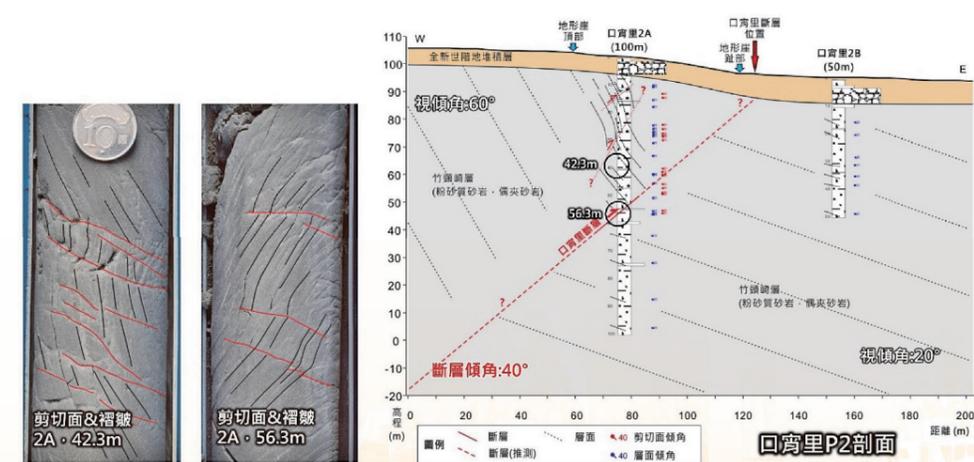


圖 8 口宵里 P2 地質剖面圖

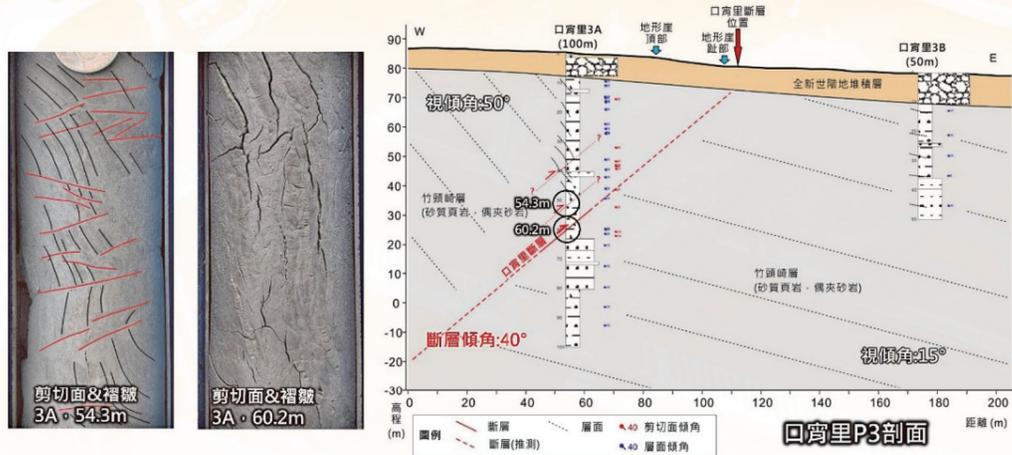


圖 9 口宵里 P3 地質剖面圖

綜合前述，本 P3 剖面研判口宵里斷層通過口宵里 3A 井深度 60.2 m 處，該處為小型褶皺伴隨剪裂帶構造，剪切現象對比 P1、P2 剖面較不劇烈，並未發現夾角稜之破碎帶。

四、口宵里斷層向北延伸性探討

依現階段既有口宵里斷層調查資料來看，具有較確切斷層參考點（斷層露頭或鑽探剖面）可畫設斷層跡的區域北起曾文二號橋往南經照興、灣潭、劉陳灣至左鎮附近。曾文二號橋以北區域，由「曾文南化聯通管統包工程 A1 標」地質鑽探成果得知（南區水資源分署，2020），口宵里斷層於曾文二號橋附近通過，而向北延伸情況不明（圖 10）；由曾文水庫南側至曾文二號橋一帶地形上呈現單面山或豚背嶺地形，主要為砂頁岩互層岩性差異侵蝕導致，口宵里斷層在曾文二號橋以北的深坑溪大致沿主流分布，確實度較更北方之竹頭尖（三腳石）以北高，但仍未發現明顯地形線形，而竹頭尖（三腳石）以北區域則幾乎看不出斷層跟地形之間關聯，因此曾文二號橋以北區域過去皆因缺乏實際露頭無法確認斷層是否繼續延伸或已經尖滅。

為瞭解口宵里斷層於曾文二號橋以北之延伸性，本計畫針對曾文二號橋以北至曾文水庫南岸淹沒區域進行地表地質調查，原則上係以垂直

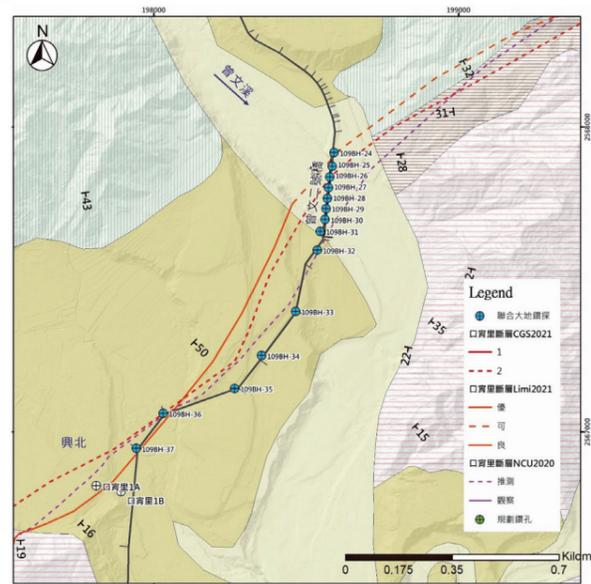


圖 10 曾文二號橋周邊鑽探調查位置圖

前期地礦中心活動斷層調查報告（2020 及 2021 年）根據地形判釋所推估之口宵里斷層跡區域進行地表露頭調查，主要調查區域可劃分為三處：(1) 曾文水庫南岸茅埔一帶；(2) 三腳石野溪產業道路；(3) 鹽水堀深坑溪產業道路。調查露頭位態分布及照片位置如圖 11 所示。

1. 曾文水庫南岸茅埔一帶

本區域調查範圍內出露岩層露頭連續，多有岩層出露，由出露之連續岩盤可發現曾文水庫南岸可能斷層線形通過範圍內地層大體完整且連

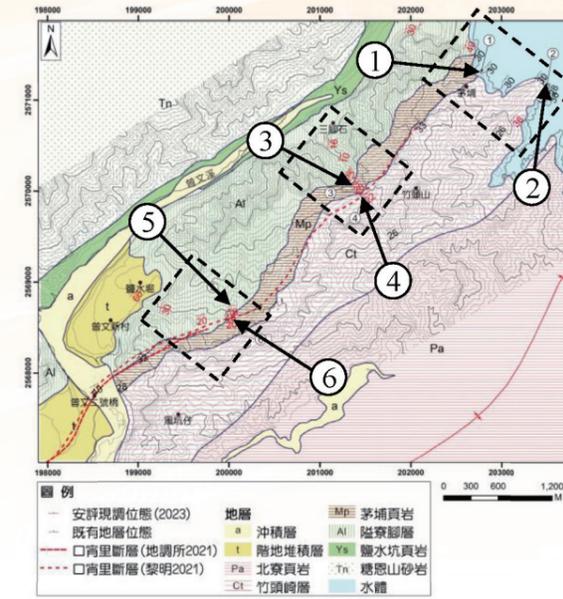


圖 11 口宵里斷層向北延伸區域露頭調查成果圖：由北往南調查區域分別為 (1) 曾文水庫南岸茅埔一帶；(2) 三腳石野溪產業道路；(3) 鹽水堀深坑溪產業道路



調查點 1 蓄水區左岸連續露頭，岩性為層狀砂岩偶夾頁岩，地層位態呈 N30°E/30°E，地層連續完整無剪裂破碎及錯移情形，未見斷層跡象（朝南南西拍攝）



調查點 2 蓄水區左岸連續露頭，岩性為層狀砂岩偶夾頁岩，地層位態呈 N22°E/28°E，地層連續完整無剪裂破碎及錯移情形，未見斷層跡象（朝南南西拍攝）



調查點 3 三腳石產業道路於可能斷層跡下盤側露頭，岩性為層狀泥質砂岩，地層位態呈 N60°E/20°E，地層連續完整無剪裂破碎及錯移情形，未見斷層跡象（朝南南西拍攝）



調查點 4 三腳石產業道路於可能斷層跡上盤側露頭，岩性為層狀泥質砂岩，地層位態呈 N50°E/22°E，地層連續完整無剪裂破碎及錯移情形，未見斷層跡象（朝南南東拍攝）

續（圖 11 調查點 1、2），岩性以層狀砂岩偶夾頁岩為主，地層位態大致呈 N30°~40°E/30°~40°E，岩層未發現間斷或重複疊置錯移或剪裂破碎情形，因此並未發現口宵里斷層延伸至本區域之證據。

2. 三腳石野溪產業道路

三腳石野溪產業道路大致與斷層線形正交，藉由產業道路及野溪沿線露頭調查可瞭解口宵里斷層存在與否，根據調查結果顯示三腳石野溪產業道路沿線出露之岩層岩性以層狀泥質砂岩為主，位態大致呈 N40°~60°E/20°~32°E，於可能斷層線形上下盤並未有顯著位態變化，且岩層大體完整均一（圖 11 調查點 3、4），岩層無間斷或重複疊置錯移或岩層剪裂破碎情形，因此並未發現口宵里斷層延伸至本區域之證據。

3. 鹽水堀深坑溪產業道路

鹽水堀深坑溪產業道路大致與可能斷層跡平行，因此藉由產業道路及深坑溪支流野溪露頭調查可清楚瞭解口宵里斷層存在與否，根據調查結果顯示鹽水堀深坑溪產業道路及支流野溪出露之岩層位態大致呈 $N80^{\circ} \sim 88^{\circ}E/16^{\circ} \sim 20^{\circ}E$ ，可能斷層跡上下盤並未有顯著位態變化，岩層大體完整均一（圖 11 調查點 5、6），地層無間斷或重複疊置錯移或岩層剪裂破碎情形，因此並未發現口宵里斷層延伸至本區域之證據。

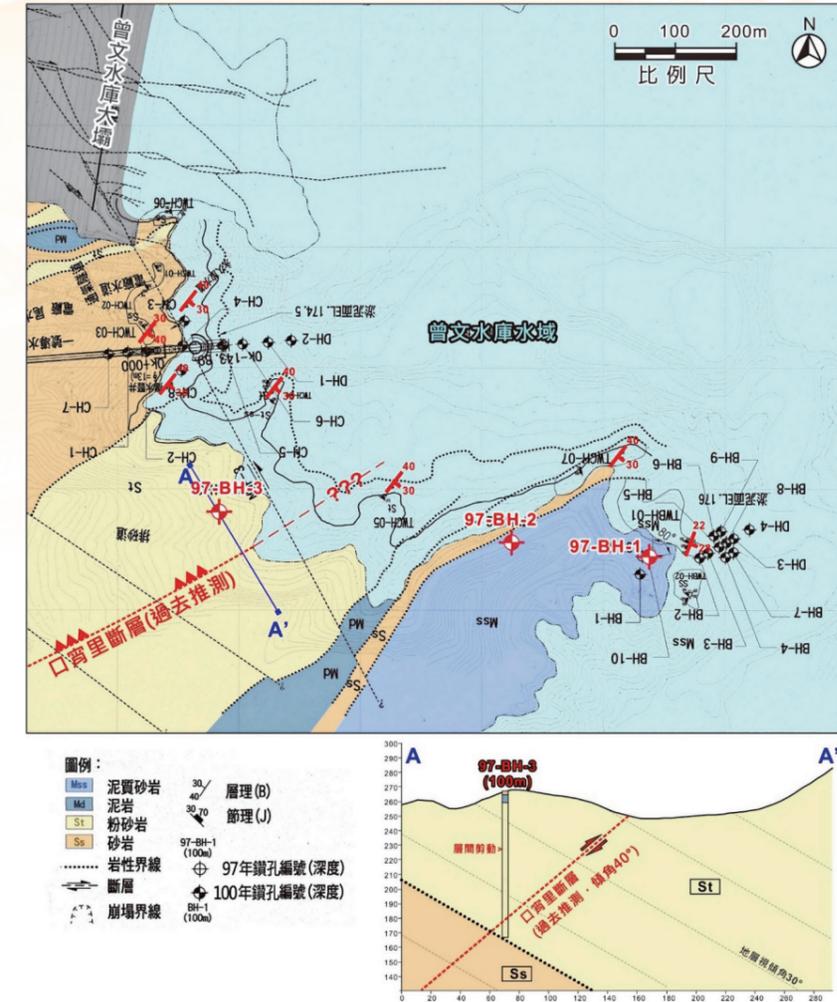
另外根據「曾文水庫力排砂等可行性規劃調查設計」（南區水資源分署，2011）補充地質調查成果（圖 12），由可能斷層線形兩側鑽孔 97-BH-2（下盤側）、97-BH-3（上盤側）鑽探成果，97-BH-3 於深度 80 m 斷層預期通過處未發現剪裂帶，岩性為泥質砂岩或粉砂岩，岩層傾角約 30° 左右，整體岩石品質良好、RQD 多介於 90 至 100，97-BH-2 之岩性及岩層傾角亦類似於 97-BH-3，因此可研判口宵里斷層並未向北延伸至曾文水庫南岸一帶。

綜合評估以上口宵里斷層既有地質調查文獻資料與本團隊補充調查結果顯示，口宵里斷層於曾文二號橋南端橋台上游側岩層呈膝折形褶曲，線狀崖西側為向東傾斜 $60^{\circ} \sim 70^{\circ}$ 岩層，線狀崖東側為向東傾斜 $10^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 岩層，曾文二號

橋以北至曾文水庫南岸，沿跨越可能斷層跡兩側並未發現明顯斷層證據，地層均屬完整且連續，層理位態並無類似曾文二號橋南端露頭般顯著變化，因此初步研判口宵里斷層向北延伸之可能性不大，口宵里斷層於曾文二號橋以北可能已尖滅。

五、結論

1. 本計畫調查研究成果為提供活動斷層相關的地質資訊，作為國土規劃、土地開發以及災害防治的參考。本工作團隊於口宵里斷層北段（照興至曾文二號橋）間補充地質調查完成口宵里 P1、P2 及 P3 地質剖面。三組地質剖面皆鑽穿口宵里斷層上盤與下盤界線，上盤岩層常出現褶皺跡象並伴生剪切面，下盤岩層則和緩無構造活動跡象，可為照興至曾文二號橋一帶增加三組斷層跡控制點。
2. 根據曾文二號橋南側橋台上游側口宵里斷層線狀崖上下盤岩層位態變化（西陡東緩）為依據，向北追跡至曾文水庫南岸，沿跨越可能斷層跡兩側並未發現明顯斷層證據，地層均屬完整且連續，層理位態並無顯著變化，因此初步研判口宵里斷層向北延伸之可能性不大，口宵里斷層於曾文二號橋以北可能已尖滅。



註：原始圖面南方在圖面上方，為方便閱讀改為北方在上，故圖面文字顛倒，特此說明。
修改自：經濟部水利署南區水資源分署（2011）

圖 12 曾文水庫南岸地質平面與剖面圖



調查點 5 鹽水堀產業道路於可能斷層跡下盤側露頭，岩性為層狀泥質砂岩，地層位態呈 $N80^{\circ}E/18^{\circ}E$ ，地層連續完整無剪裂破碎及錯移情形，未見斷層跡象（朝東北拍攝）



調查點 6 鹽水堀產業道路於可能斷層跡上盤側露頭，岩性為層狀泥質砂岩，地層位態呈 $N84^{\circ}E/20^{\circ}E$ ，地層連續完整無剪裂破碎及錯移情形，未見斷層跡象（朝西南西拍攝）

誌謝

承蒙地礦中心辦理活動斷層地下地質探查計畫提供調查經費並給予相關資訊及多方協助，在此致謝。

參考文獻

1. 烏居敬造等（1932），臺南州新化油田調查報告，臺灣總督府殖產局。
2. 六角兵吉等（1934），臺南州玉井油田調查報告，臺灣總督府殖產局。
3. 何信昌等（2005），五萬分之一臺灣地質圖圖幅第五十號 - 新化圖幅，經濟部中央地質調查所。

4. 經濟部水利署南區水資源分署（2011），曾文水庫水力排砂等可行性規畫調查設計。
5. 經濟部水利署南區水資源分署（2020），曾文南化聯通管統包工程 A1 標。
6. 黃文正等（2020），活動斷層特性精細調查（2/4）成果報告書，經濟部中央地質調查所。
7. 劉彥求等（2020），口宵里斷層之構造特性與活動調查，經濟部中央地質調查所特刊，第 35 號。
8. 林啟文等（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，第三十四號。