

基隆、石門及深澳等供油中心油槽區地質災害潛勢初步調查分析與在安環作業上之應用

摘要

吳榮章、吳明賢、黃旭燦、王佳彬、梅文威、何在浩

(台灣中油探採研究所)

臺灣位處於歐亞板塊與菲律賓海板塊交接處，群山環繞與地震頻繁是這地區的特色，臺灣地區坡地發生環境災害的頻率也特別高，山區落石、順向坡之岩體滑動等地質災害特別嚴重，今年4月27日國道3號南下3.25公里處發生嚴重走山事故，造成重大傷亡及交通損害，即為順向坡之岩體滑動釀成巨大災害。本公司鑑於油槽區大皆均為於山區，遂責成探採研究所負責全面性調查山區油槽附近是否有地質災害潛在威脅，及早防治因應。今以基隆、石門及深澳等供油中心油槽區為例，進行其地質災害潛勢初步調查分析與在安環作業上之應用研究，提供相關單位重要參考。

一、前言

集集地震是台灣近百年來最慘重的一次天然災害，在劇烈震動下台灣地波的穩定性受到嚴重的影響。集集地震後，90年的桃芝與納莉颱風、93年敏督利與艾利颱風、94年612水災、海棠泰利與龍王颱風等造成嚴重的山崩與土石流災害，致使台灣坡地地質災害問題浮起。

台灣地區坡地的可能發生環境地質災害如落石、岩屑崩滑、岩體滑動、順向坡、棄填土、河岸侵蝕、扇狀地及礦渣分布等。此次國道3號南下3.25公里處的走山即為順向坡岩石滑動。本公司為防範於未來，責成探研所協助油庫單位瞭解附近是否有地質潛在災害，進行全面分析調查，進而提出建議供現場單位參考(見圖1及圖2)。

二、基隆供油中心油槽區地質災害潛勢初步調查分析

(一)地質概述

基隆地區主要構造線包括褶皺及斷層線等皆呈東北東走向，煤田也順此構造線方向延展。所有新第三紀地層係受來自東南方之擠壓作用向西北造成推擠及摺疊，或斷裂。基隆至大溪地區之中新世地層之逆斷層，自東南向西北逆掩，大致與地層及褶皺平行，斷面傾向東南。多數褶皺之兩側以逆斷層為界，褶皺兩翼亦多半不對稱。一般而言，背斜之西北翼或向斜之東南翼常較陡急，局部有倒轉現象。此西北倒轉之褶皺及向西北逆衝之斷層現象，為基隆地區之地質構造特點特點。

基隆地區的斷層屬覆瓦狀斷層構造系統(imbricate fault system)，每一斷層超覆於前一斷層之上，斷面均向同一方向傾斜。所有主要逆斷層相繼將未變質之中新世岩層斷移推送而上，但老於新第三紀之基盤岩層未出現於斷層中。各逆斷層在地表附近皆呈現傾斜頗急之斷面，但至地下斷面均多轉為平緩，故此逆斷層多屬低角度逆斷層。

本區地層分佈以大寮層及石底層為主，大寮層下段為層狀砂頁岩互層，中段為整體結構塊狀砂岩，上段較富變化。石底層下段由兩層厚塊狀砂岩及薄層狀砂頁岩互層組成。上段則為2~3百公尺厚的薄層砂頁岩互層。

本區的土壤及地層性質，依金山基礎工程公司鑽探結果(1980)，為山谷地帶，兩側的山坡之覆蓋土厚約5公尺，東側則較薄僅為2公尺左右，谷底之覆蓋層較厚深達14公尺。山谷南端為第二道擋油堤，擋油堤似係由填方築成，覆蓋土平均厚約18公尺，延各底之岩盤面平均以12度向

北傾斜。岩盤係由棕黃及灰色之交互砂岩組成，岩層上面之覆蓋層則為沉泥質或砂質黏土為主，間夾礫石及碎岩塊。覆蓋土層之平均貫穿 N 值為 20 左右，惟在深約 8 公尺附近之 N 值約在 7~9 下之間，覆蓋土及基盤之剖面。

(二)、本區山崩災害敏感區分佈

基隆供油中心基址，位於基隆逆斷層之北，地層傾角緩和約 20 度向東南經初步調查山崩災害敏感區分佈大致也是以落石、順向坡平面滑動及棄土堆、煤渣堆為主。基隆瑞芳地區山崩災害敏感區分佈由於本區地層傾斜多在 20 度以下，山坡低緩，因此山崩災害敏感區不若台北至基隆地區發達。(1)落石災害敏感區多出現在具有層、塊狀砂岩出露之逆向坡或側向坡。(2)順向坡平面滑動敏感區：由於地層傾斜多在 20 度以下，順向坡地形並不普遍，僅在本區東側瑞芳一帶，地層傾角在 40~60 度，順向坡地形較為發達。(3)棄土堆、煤渣堆：調查區目前有多處工程棄土堆積區，及煤渣堆等分佈，其中大多無適當保護或穩定措施，呈現極高不穩定。

本區依地調所調查之潛勢區分類基隆供油中心潛勢分級圖，北為落石高潛能區，西為岩體滑動中潛能區(圖 3)。基隆供油中心北方有順向坡(圖 4)，並進行基隆供油中心廠址的岩體強度岩體結構為塊狀結構及層狀結構層狀結構。

三、石門供油中心地質災害潛勢初步調查分析

(一)地質概述

石門庫區及八堵庫區位於基隆河的西岸，而基隆河的中心部位恰

是八堵向斜軸的位置，八堵向斜之走向呈南北向，石門庫區與八堵庫區位於此向斜之西側（圖 5）。將國道一號及國道三號套疊於地質圖上，石門供油中心恰位於兩條高速公路之間。民國 64 年本公司委託弘安工程顧問公司，進行石門 A 區邊坡穩定性分析，此報告中列有詳細地質資料，主要的地層包括南港湊合層和石底層，南港層以砂岩為主，砂頁岩互層為輔。至於石底層則以砂頁岩互層為主，在油槽的位置投影於地形圖上及本研究調查所繪之地質剖面圖（圖 6）。大體上，山頂區的油槽位於石底層之砂頁岩互層，山腳區的油槽位於塊狀砂岩之上，基隆河西岸，國道一號（麥帥公路）附近則是屬於打鹿頁岩，大部分地層的走向為東北西南向，傾角以 28° - 30° 向東傾斜，地層往基隆河方向傾斜，於基隆河深部，推論為八堵向斜軸之位置，地層屬於水平狀態，或是區域性的傾角而已（約 5° ）。

經濟部中央地調查所於民國 97 年出版都會區及周緣坡地環境地質資料庫圖集，亦能應用於本區之環境地質分析。供油中心的油槽藉 GIS 定位與地質調查所該區域順向坡潛勢等級套疊（圖 7），僅有 SM-211 及 SM-210 位於高潛勢區的南側，並需注意於供油中心石門庫區的地層岩體強度（圖 8）及早期煤礦區的分佈。

至於八堵庫區之地質狀況與石門庫區類似，地調所潛勢順向坡災害潛勢資料顯示油槽 P-12 位於高潛勢、岩體強度資料及環境基本資料如早期煤礦坑資料等，亦可供未來勘查之參考。

（二）、本區山崩災害敏感區分析

此次調查分析注重下數個方面，包括地質災害潛勢與順向坡、地層間的排水問題、順向坡角維護、順向坡山谷排水的問題。其重要勘查結果列於表一及表二。

1、地質災害潛勢與順向坡

此調查建立石門庫區 A 區的地質構造架構，山頂的油槽基礎的地層以砂頁岩互層為主，山腳區的油槽則以砂岩為主，就前者而言，砂頁岩互層地區若排水良好，則其基礎是非常穩固的，但若排水不良，頁岩層則易被軟化，而形成應力場的不均勻，嚴重者會導致順向坡的下滑，在山頂的油槽位置，若以地質調查所災害潛勢資料來判斷，石門庫區的 SM-210 以及八堵庫區的 P-11 及 P-12 油槽，而對西側之高潛勢災害之順向坡滑移區，其中 P-11 與 P-12 開挖的順向坡斷面較大，建議於 P-11 與 P-12 油槽之間加強防止順向坡下滑的 L 型柱或是其他加強措施，如此能補充被挖走的坡腳，能夠抵擋大地震的侵襲而不致於走山。石門油庫的 SM-210 因為面對高潛勢順向坡及砂頁岩互層之順向坡，具有較多之層間水滲入槽區內水溝或地下。SM-210 之基礎有較微之變形，但並不嚴重。P-10 的油槽，基本上是安全的塊狀砂岩之上，但若於其東側加強數根 10-20 公尺深的鋼筋水泥柱，縱使有大地震衝擊，應可逃過一劫。就大體而言，石門及八堵庫區之地層坡角延伸至基隆河之深部，推斷不會有大規模崩移或是骨排連鎖崩塌的地質災難。

2、順向坡地層間的排水問題

石門庫區的 SM-202、SM-207、SM-210 以及八堵油庫的 P-9 油槽，具有較多的地層層間水，在 SM-202 已設置有滯洪防砂池，但此防砂池周圍是直角陡壁，若能以緩壁取代，則更能兼顧生態維護之特色。所以 SM-207、SM-210 以及 P-9 油槽的可以效法 SM-202 設置滯洪防砂池。尤其是八堵庫區的 P-9 油槽，其周圍並無陡峭之順向坡，因此其落石應是緣自於層間排水不良以及山谷雨水的匯集，無法順利瞬間排除而軟化了坡腳，而導致不穩定。在 P-9 油槽西側之自由牆及噴泥土並未設置排水孔，無法排出地層水。此外，在這次勘查發現大部份油槽周圍的順向坡面之早期很多排水孔不具排層間水的功能，或是在層間水滲出處，無排水孔之設置，因此大部份的油槽附近之排水孔必須

整理，使其通暢，另外加新的排水孔於地層之間、裂隙之間、裂縫之間，讓地層水順利排出，以增加地層間之摩擦力。

3、順向坡坡腳的維護

石門庫區及八堵庫區山腳地區之油槽區，座落於以砂岩為主的地區，而山頂區的油槽，座落於砂頁岩互層區，因此坡腳的問題，山頂區會大於山腳地區。但庫區的油槽地基，因是屬於局部開挖，對於走山或是大型地層崩移的引發機制較小，但是若是大地震侵襲，可能會有局部滑移或落石之危險。因此建議庫區內之未來工程要以保留坡腳為原則，不輕易砍斷坡腳。目前的勘查，八堵庫區 P-11 及 P-12 油槽西側之順向坡腳有較大片的開挖，建議在 P-11 與 P-12 油槽之間加強 L 型柱，或其他類型之加強設施，補強坡腳之功能（在章節地質災害潛勢與順向坡已提過）。八堵庫區的 P-10 油槽建構於塊狀砂岩之上，具槽底仍有固定樁已是相當安全，但其東側為坡面，且無強烈障礙物阻擋，因此建議設置鋼筋水泥柱防擋 P-10 油槽的可能因大地震而下滑。

4、順向坡山谷的排水問題

很多油槽之西側或西北側具有小山谷，遇暴雨則形成類似於瀑布之水柱，沖刷坡腳，其中以八堵庫區的 P-9 最具代表性，當山谷的集水區面積愈大則其匯集之流量也愈大。建議八堵庫區 P-9 油槽及石門庫區 SM-207、SM-210 能增設滯洪防砂池，排出暴雨或雨季大量的雨水，減少溢流入槽區軟化油槽地基的風險。另外值得一提，目前石門庫區的消防池是原預定設置 SM-209 油槽而開控的基地，後來因為基礎條件不足，而沒有設置，時間一久，而自然形成消防池，若以地質觀點，此池可能是以頁岩為主體，因此為不透水層具有儲水能力，但底部鬆軟，對於不小心踏入池底軟泥的工作人員難以自拔，非常危險，而且其溢流滲入地層情況非常不易瞭解，建議設置鋼筋混泥土的

大型消防蓄水池，以減少大地震的衝擊兼顧工業安全。

四、深澳供油中心油槽區地質災害潛勢初步調查分析

(一)地質概述

深澳油庫槽區位於深澳坑斷層與瑞芳斷層所夾之四腳亭向斜南翼(圖 9)，地表出露中新世南港層，地層向北傾斜 $20^{\circ}\sim 35^{\circ}$ (圖 10)。瑞芳斷層斜切測區東南角，是一斷面傾向東南之逆斷層。四角亭向斜由本研究區之東南延伸至海港附近。

在 SL103 儲槽兩測之地層為南港層，為淡棕色極細粒至細粒厚層塊狀砂岩，地層延續性良好，僅見稍有節理之破裂面，未發現斷層徵示。南方油庫區大多為灌木雜林草叢，少有露頭。但由西方瑞濱國小一帶所見疑是斷層兩側岩性之差異研判，斷層在此厚層塊狀砂岩之稍南方通過。

依據深澳供油中心地表地質資料顯示，地表出露中新世南港層，部分地區受近代沖積層覆蓋，草綠色顯示中新世南港層的頂部。震測資料 94-S0-HVA 及 94-S0-HVB 測線解釋發現，本地區主要的斷層都分佈在兩條震測測線的尾端，亦即斷點出露的位置是在目前的道路邊緣，那麼，推測區域斷層係沿著道路成弧形狀。斷面的方向是向南傾斜，傾角很小，屬於低緩的逆衝斷層(圖 11)。依據 94-S0-HVA, HVB 震測線橘紅色示準層顯示，94-S0-HVA 震測線斷層的落差約 100 毫秒，向西至 94-S0-HVB 震測線斷層的落差已增至 200 毫秒，即逆衝斷層的斷裂中心是在西邊。深澳供油中心的辦公區是位在區域性主斷層下盤的穩定地塊上。根據現有資料研判，同意探採事業部的想法：本斷層應非活斷層。

右移的走向斷層切過東側，斷面成弧形狀。走向斷層向南形成目前的道路，向北延伸深切地層後，鬆軟的地層經侵蝕形成天然的海港。

油槽區是夾在兩個構造高區的鞍部，同時，震測資料顯示兩條剖面向南延伸並沒有斷裂現象，與油庫區內疑是斷層綫附近淡棕色極細粒至細粒厚層塊狀砂岩的南港層，層面延續性良好，僅見稍有節理之破裂面，未發現斷層徵示相呼應，油庫區大多為灌木雜林草叢，少有露頭。

(二)、本區山崩災害敏感區分析

雙溪地區山崩災害敏感區分佈由於本區地層傾斜介於 20° ~ 35° 之間，因此山崩災害敏感區發生在深澳庫區包括落石災害敏感區及順向坡平面滑動敏感區（圖 12）：1. 包括落石災害敏感區出現在油槽區的西側，具有層、塊狀砂岩出露之逆向坡或側向坡。2. 順向坡平面滑動敏感區：位在圖 9 之 54 至 56 的南方。座落在順向坡下方的油庫，順向坡上的植樹有下傾的潛勢。坡腳有擋土牆的設置。山路人行道路面隆起係長久雨水滲入所造成，有機會重鋪、翻修應夯實路面。低硫燃料油槽旁路面龜裂，建議重鋪、翻修應夯實路面。另外區內山路人行道路旁有一巨大的岩石聳立在崖邊，於地震或大量降雨的情況下，容易造成土石崩落的危險。

五、結論與建議

(一)、基隆供油中心油槽區

1. 北方雖有高滑動潛能區，但沒有立即危險。
2. 有局部順向坡但坡度大多為 20 度內。
3. 未發現明顯的潛移作用，有待進一步調查。
4. 護坡有局部裂痕及塌壞，許加以填補。
5. 有落石之潛在危險（如 103T，105T，107T）油槽北方），防護網需往東加長設置。
6. 排水孔有作用，唯需繼續定期疏通。
7. 基隆供油中心基址位於礦坑之上，雖目前無立即危

險，但須防範地震或大量積水所造成之崩塌或差異沉陷。

(二)、石門供油中心油槽區

1. 地質災害潛勢與順向坡

本研究進行地質構造剖面分析，發現石門庫區及八堵庫區位於基隆河的西岸，而基隆河的中心部位恰是八堵向斜軸的位置，八堵向斜之走向呈南北向，石門庫區與八堵庫區位於此向斜之兩側，廠址地下之地層走向約為東北方向，傾角為 30° 向東南，基本上呈順向坡的型態。從構造地質的觀點，八堵向斜呈穩定狀態，認為石門庫區及八堵庫區之地層傾斜坡角很穩定地延伸至隆河之地下極深處，不會有順向坡角被截斷的問題，不會有毀滅性大規模崩移的疑慮。基隆河兩岸因為基隆河之侵蝕切割、移走土石，容易造成河岸鄰近地層下滑之現象，而且基隆河岸之順向坡地層屬於打鹿頁岩，容易因排水不良、坡角被截斷而造成地層不穩定而下滑的可能性。

2. 地層間的排水問題

在泥岩區、排水不良、容易造成地基軟化，在砂頁岩互層地區，排水不良，岩體容易造成層面的摩擦力減少，而下滑。最佳排水孔的位置，最好放置於裂縫節理裡面及地層之界限，讓層間水排出，增加地層間之摩擦力，防止地層下滑。對於石門庫區及八堵庫區而言，排水孔的問題是一個較普遍的問題，大部份的油槽之排水孔問題，必須地毯式的整修一次。

(1) 早期的排水孔可能已被堵塞，需進行疏通。

(2) 早期排水孔位置不對，需進行修正排水孔的位置或增加適當的排水孔。

(3) 八堵庫區 P-9 油槽之西側自由樑及噴泥土壁面沒有排水孔，需增設排水孔，以降低側向壓力。

上述的工程算是簡單的類型，但其防止順向坡的崩移，却是有顯著的效果。

3. 順向坡坡腳的維護

於八堵庫區之 P-11 及 P-12 油槽之間加強 L 型柱或是其他類之鞏固坡腳設施，於 P-10 油槽東側加強鋼筋水泥柱，期能阻擋大地震的衝擊。

4. 順向坡小山谷的排水問題

這是新發現的問題，小山谷匯集雨水成小溪流或是瀑布，大山谷匯集雨水成大瀑布，沖擊順向坡之坡腳，在暴雨期間或雨季期中，少量土石淤積小排水溝，流水躍入油槽之排水溝，長期之浸潤或是滲流入地下，容易造成油槽基礎的鬆動。建議 SM-207、SM-210 之西側及 P-9 的西北側，設立滯洪防砂池，一方面減少雨水浸蝕坡角，另一方面防止大量的水流入槽區內，若能將滯洪防砂池之周圍以和緩側壁形式取代直立式側壁，更能兼顧輔育自然生態的特色。

(三)、深澳供油中心油槽區

1. 北方雖有落石災害敏感區，出現在油槽區的西側，但沒有立即危險。
2. 南側油槽區座落在順向坡下方，順向坡上的植樹有下傾的潛勢，恐有岩體滑動型的山崩，坡腳雖已設有擋土牆，但潛移作用有待進一步觀察。
3. 低硫燃料油槽旁路面龜裂，恐危及上下油槽，建議重鋪、翻修應夯實路面。
4. 山路人行道路旁崖邊巨石應立即移開，以免造成土石崩落的危險。

六、參考文獻

1. 何春蓀，1983，台灣基隆沿海區至桃園縣大溪間煤田地質及構造，經濟部中央地質調查所，經濟部中央地質調查所彙刊，第二號，第 17-70 頁。
2. 何春蓀，1986，台灣地質概論-台灣地質圖說明書，經濟部中央地質調查所，164 頁。
3. 中央地調所網站
4. 李錦發頁、邱禎龍、魏正岳、李彥良、蘇泰維、黃健政，2007，山崩與土石流調查潛勢分析，經濟部中央地質調查所，地質環境與資源研討會論文集，第 79-87 頁。
5. 林錫宏、曾俊傑、蘇品如、紀宗吉、黃健政，2007，都會區潛在的工程環境問題，經濟部中央地質調查所，地質環境與資源研討會論文集，第 103-110 頁。
6. 張閔翔、紀宗吉、黃健政 2007，都會區周緣坡地的環境地質，經濟部中央地質調查所，地質環境與資源研討會論文集，第 95-102 頁。
7. 工研院能資所 1993 臺灣潛在地質災害實例選輯，工研院能資所。
8. 潘國樑 1999 區域國土開發保育防災基本資料「山坡地之地質環境」內政部營建署。
9. 潘國樑 1993 應用環境地質學，地景企業股份有限公司。經濟部中央地質調查所。
10. 紀宗吉、鄒珮珊、林朝宗、劉桓吉，基隆瑞芳地區環境與工程地質調查研究

11. 中美礦物採礦基礎工程有限公司，1977，基隆油庫上山道路南端山坡穩定處理工程-位移計裝設及地質鑽探與岩心土壤試驗報告。
12. 金山基礎工程有限公司，1980，基隆油庫第二道擋油堤邊坡穩定處理詳細設計補充鑽探及試驗工作報告書。
13. 萬里工程行，1979，基隆油庫第三道擋油堤地質鑽探與土壤報告書。
14. 經濟部中央地質調查所，2008，都會區及周緣坡地環境地質資料庫圖集說明書，經濟部中央地質調查所，66 頁。
15. 經濟部中央地質調查所，2008，環境地質資料庫圖集。
16. 台灣中油公司探採事業部，1981，十萬分之一地質圖基隆-台北幅。
17. 弘安工程技術顧問公司，1975，中國石油公司台灣營業處石門油庫邊坡穩定分析與建議報告書：台灣中油公司內部報告。

七、附圖表及照片



圖 1:2010 年 5 月/4 日與基隆油庫中心主管協調工作進行事項。



圖 2: 現場勘查

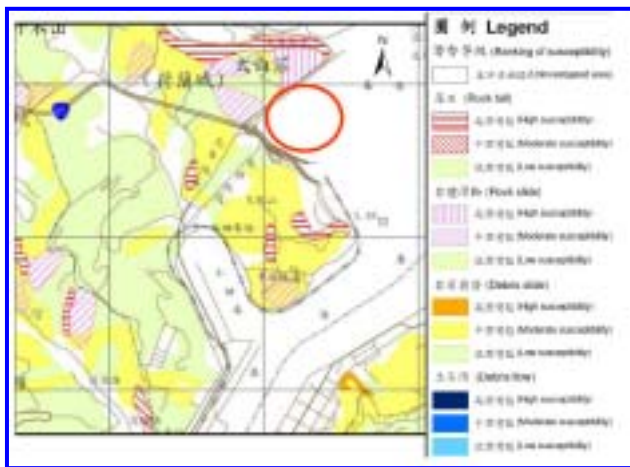


圖 3 基隆供油中心潛勢分級圖，北為落石高潛能區，西為岩體滑動中潛能區。

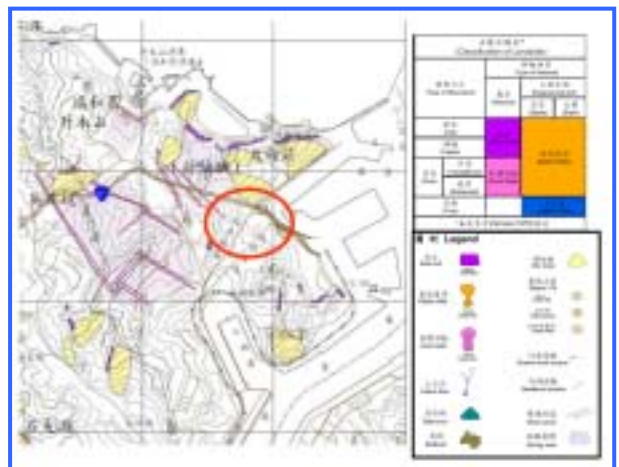


圖 4 基隆供油中心北方有順向坡

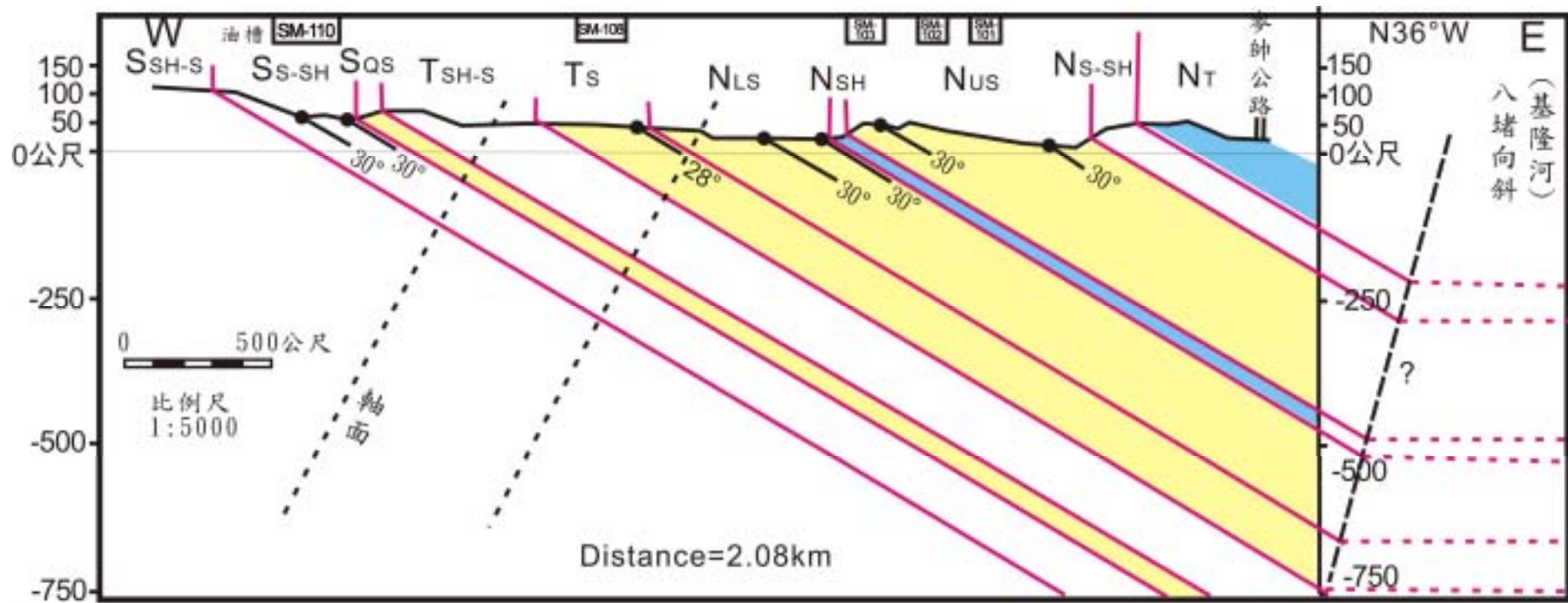


圖 5、石門庫區東西向地質構造剖面（符號說明：砂岩：黃色；頁岩：藍色；砂頁岩互層：白色；軸面：黑色虛線；地層名稱參照圖 4 地質圖）

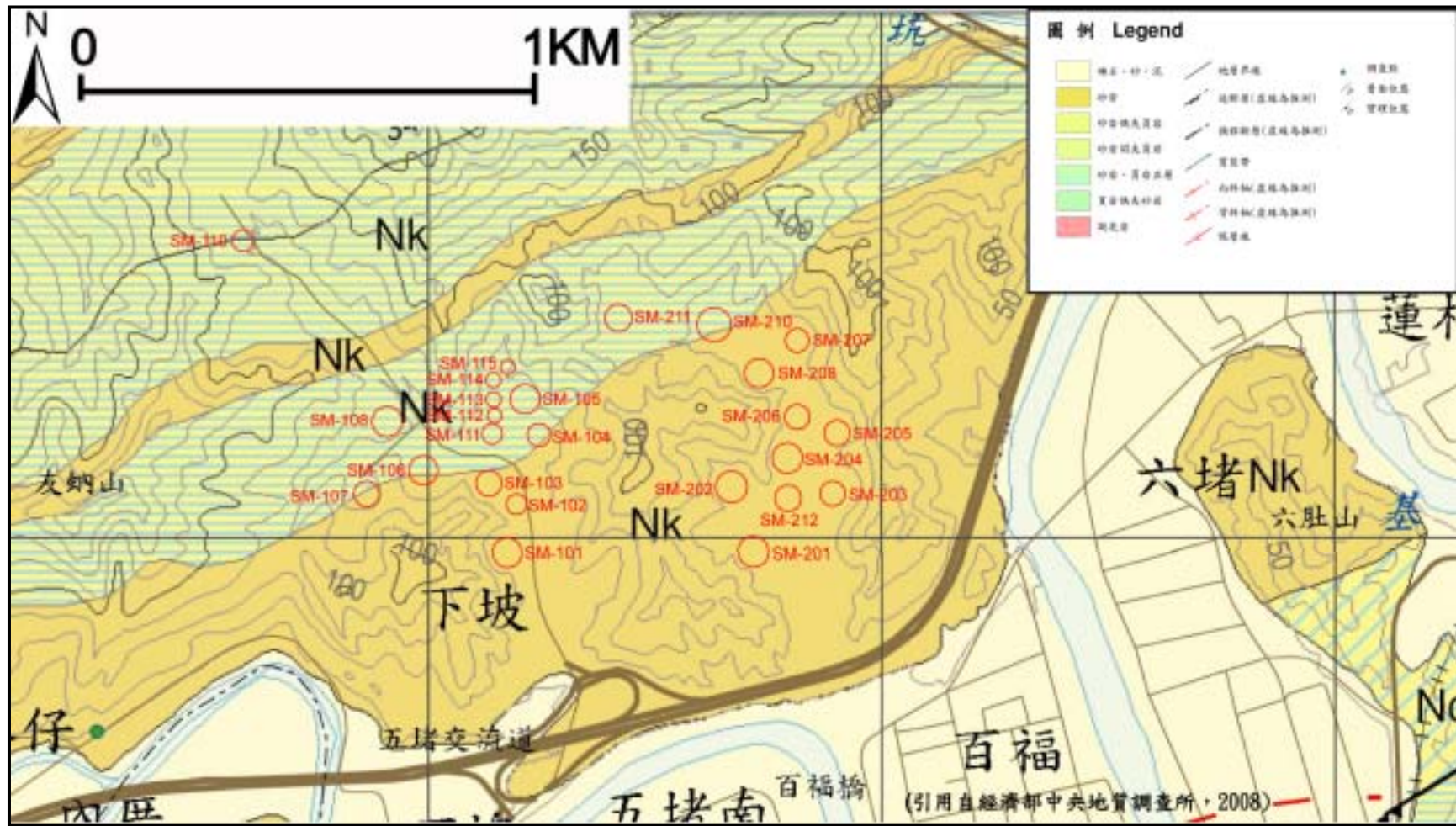


圖 6、石門庫區地質圖（引用自經濟部中央地質調查所，2008），與弘安顧問公司(1975)所調查者相同

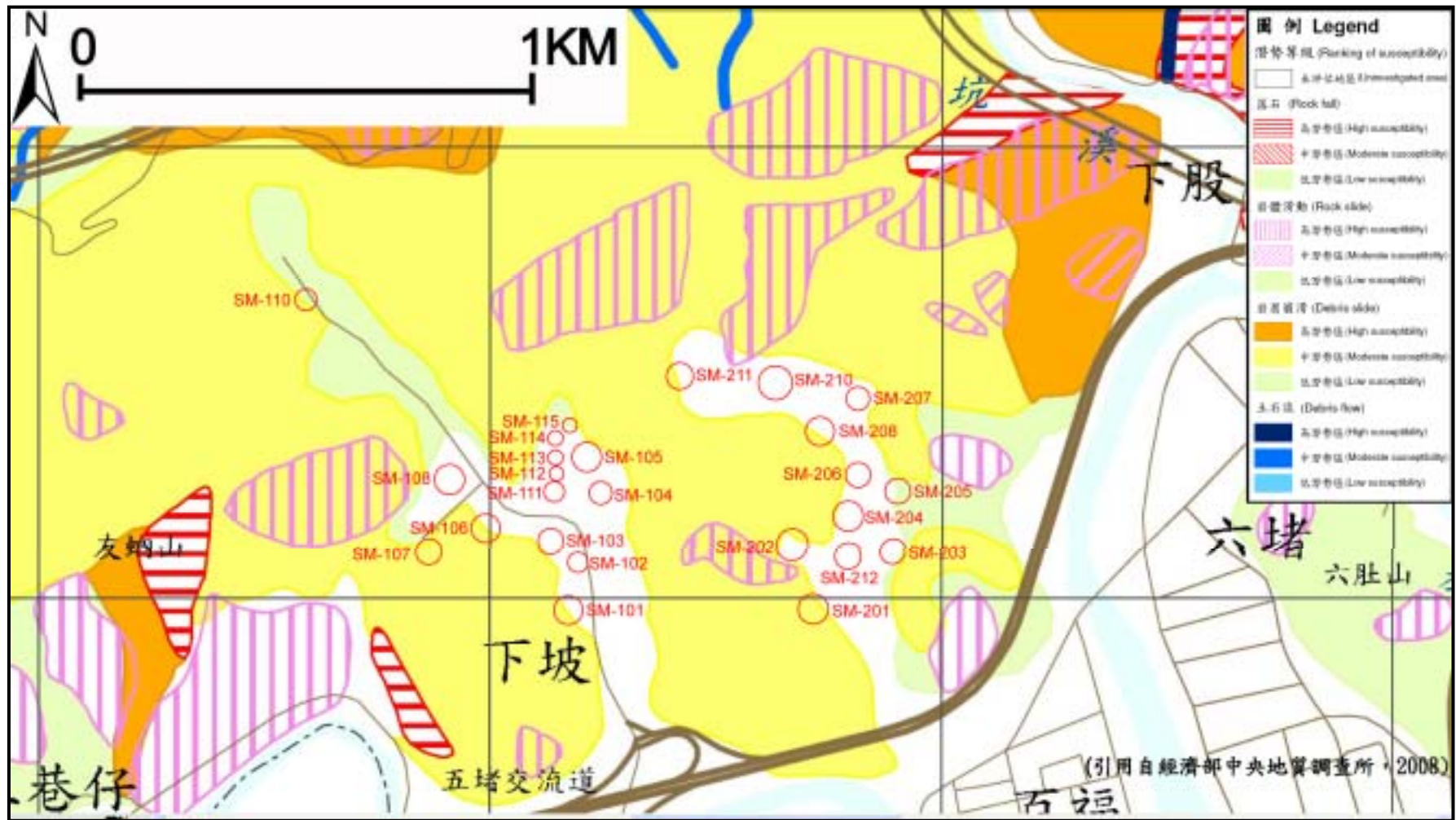


圖 7、石門庫區災害潛勢圖 (引用自經濟部中央地質調查所, 2008)

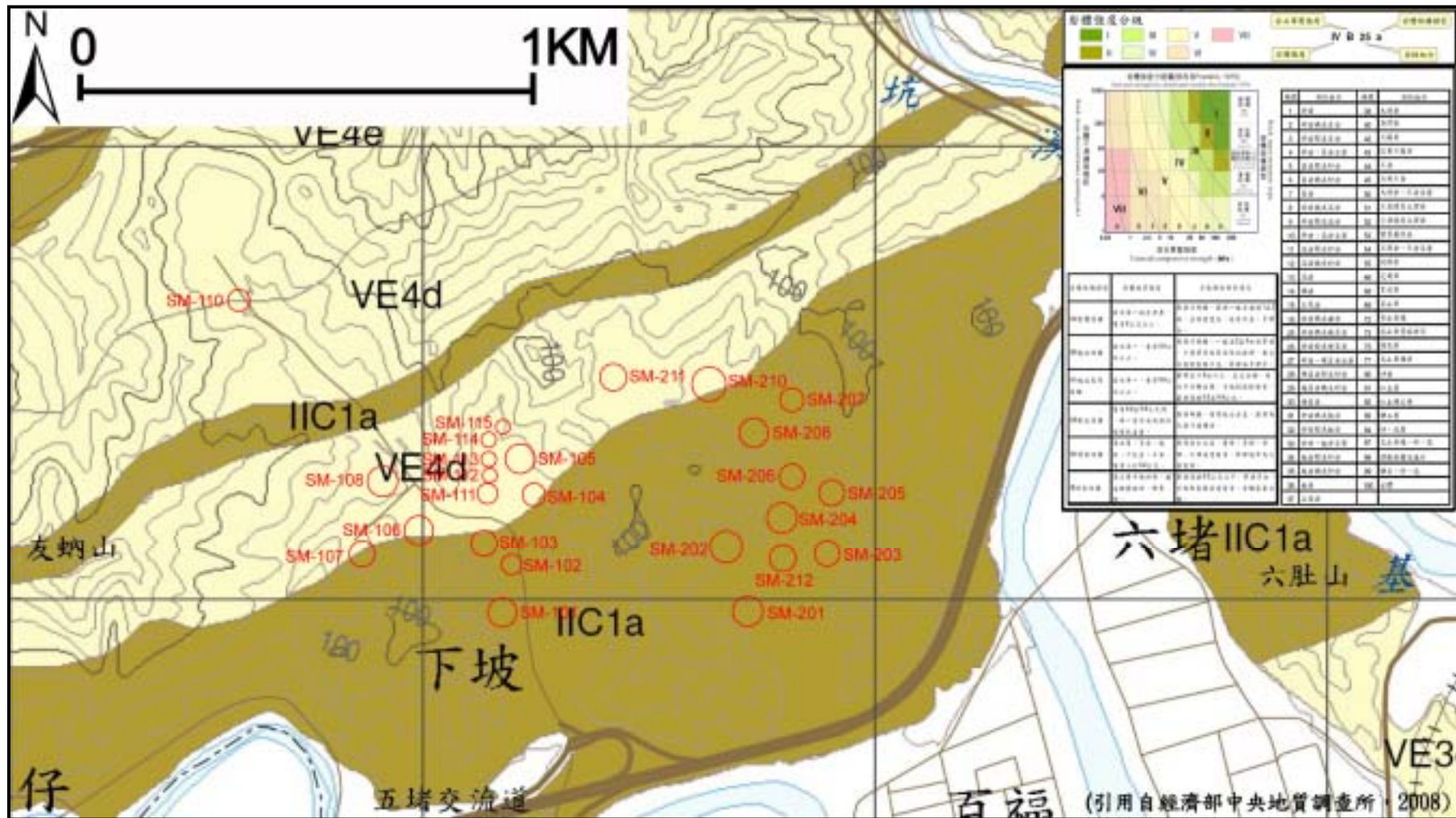


圖 8、石門庫區岩體強度分析圖（引用自經濟部中央地質調查所，2008）

表一、台灣中油公司地質災害潛勢調查分析-石門庫區

單位	廠址	項目	調查結果	建議
基隆儲運處 石門供油中心	石門庫區	1	優點：石門庫區植被良好，大體上，油庫邊坡呈穩定狀態，無立即危險，但需注意強烈地震侵襲所造成之風險。	
		2	改進事項：SM-202、SM-207、SM-210 油槽北側之邊坡有地層水之現象，油槽之排水溝常有積水現象，恐會軟化砂頁岩互層之地基。	增設生態滯洪防砂池，收集大量雨水及地層水（SM-202 已有滯洪池），將水直接引導到油槽外，不要放流入槽邊之排水溝，以免軟化地基。
		3	注意事項：SM-114 及 SM-115 之南側之排水孔需加以清理。	進行排水孔清理。
		4	注意事項：SM-105 東北側有獨立之山頭油槽之東北側有初級不穩定之現象。	清理排水孔及增加排水孔。
		5	山頂消防池：SM-209 油槽預定地，因地質基礎條件不佳，而形成自然水池，池水如何滲入地下，其狀況不明。	增設大型鋼筋混凝土之儲水消防池，周圍增設救生圈之裝備及救生繩索。

表二、台灣中油公司地質災害潛勢調查分析-八堵庫區

單位	廠址	項目	調查結果	建議
基隆儲運處 石門供油中心	八堵庫區	1	優點：八堵庫區植被良好，大體上，油庫邊坡呈穩定狀態，無立即危險，但需注意強烈地震侵襲所造成之風險。	
		2	改進事項：P-9 油槽 (1)西北側邊坡之噴泥土及自由牆缺乏排水孔。 (2)後來增設防止落石之工程之排水孔，其位置不對。 (3)油槽水溝之泥土未清除。 (4)此油槽之西北側有小山谷，匯集雨水及地層水滲入槽區水溝。	(1)增設排水孔。 (2)增設位置良好之排水孔。 (3)儘速清除槽邊水溝內之泥土防止積水而軟化地基。 (4)增設較大型生態滯洪防砂池，大量雨水及地層水直接排出。
		3	注意事項：P-12 油構之北方有輕微裂隙排水孔不流水，新裂隙流水。	清理排水孔及新增裂隙之排水孔。
		4	坡角的問題：P-11 及 P-12 油槽之西側順向坡面較大。	於 P-11 及 P-12 之間增設 L 型柱，增強抵抗坡面下滑之疑慮。
		5	坡角的問題：P-10 油坑有覆土阻擋，但也位於空曠的順向坡上，其東側並沒有堅固的阻擋物。	增設三支 10-20 公尺深的鋼筋水泥柱防止此油槽因大地震即往東下滑。



圖 9、方框內地質調查，地層走向及地層傾角（中油公司，1981）。



圖 10、磅磅仔（九份溪口）地層走向南 34° 西地層傾角 北 22° ，位置如圖 12 之 64。

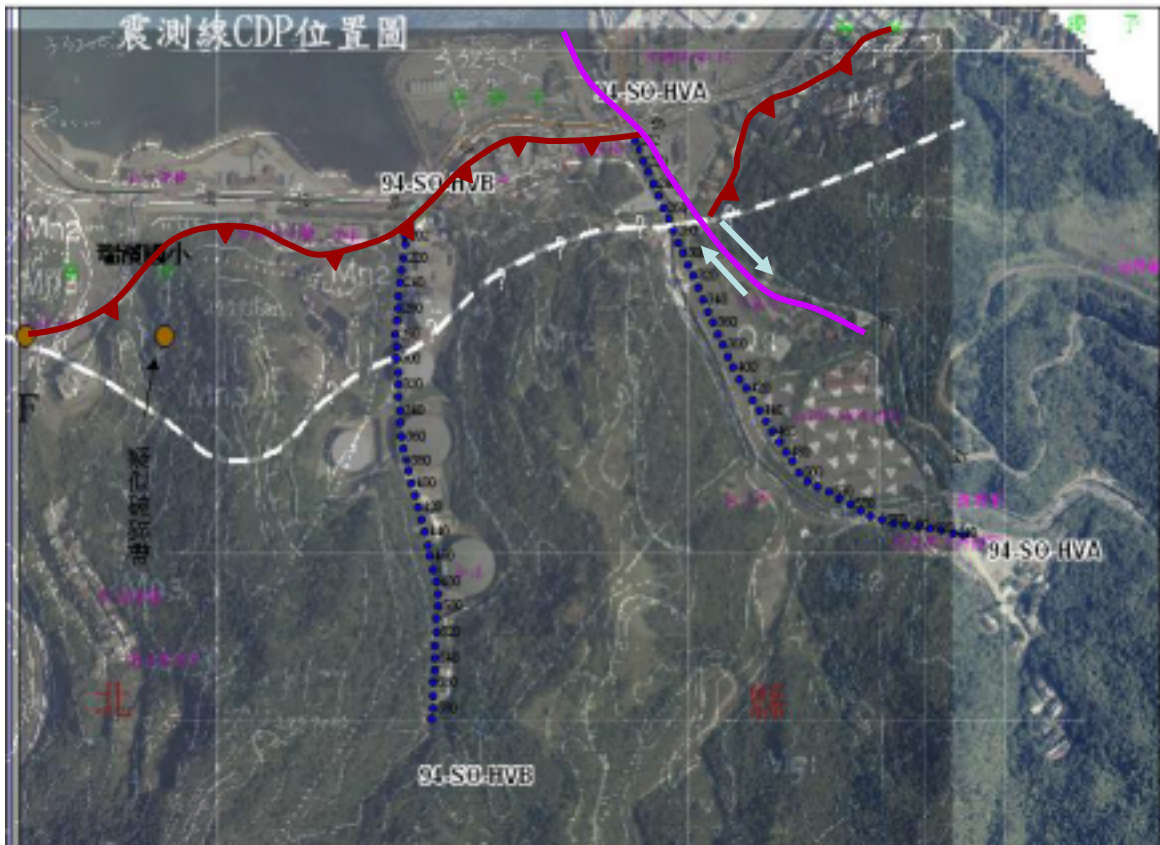


圖 11、依據震測剖面解釋結果，重新繪製於航照圖上。新斷層的位置以紅色標示，斷層位置沿現有道路，走向右移沿著油槽區外圍的道路。不會立即危害本公司的設施。



圖 12、深澳庫區山崩災害敏感區包括落石災害敏感區(白色)及順向坡平面滑動敏感區(粉紅色)