地工技術，第133期（2012年9月）第99-104頁
Sino-Geotechnics,No.133 (Sep.,2012) pp.99-104

工程地質研討會專欄

工程地質研討會(22)～變質岩與隧道工程 與會報導

詹尚書、曹孟真、許珮筠*

哆囉滿、奇萊、崇爻、洄瀾都是太陽的故鄉～花蓮

悠久發展歷史的美麗後山，開拓者給了其美麗的稱號～太陽的故鄉，不管是閃閃發亮的夢想河流—立霧溪，抑或是稱頌居住者為敏捷穿梭於山岳間之勇士，花蓮孕育出獨特豐富多元的文化。太陽故鄉的聯外道路，自清同治三年(西元 1874 年)以兵工修築寬約一公尺的人行步道，至民國 63 年(西元 1974 年)公路局分期辦理蘇花公路拓寬工程後至今(西元 2012 年)，在台灣獨特的地質、氣候環境條件下，每遭逢豪雨、地震總引起沿線邊坡崩塌、道路中斷、甚至影響用路人的行車安全。考量東部民意「安全回家的路」之訴求，在國立台灣大學林銘郎教授的領軍下，帶領地工界各路好漢一行共 59 人(圖一)，於 2012 年 4 月 26 日一大早 7 點鐘即在台灣大學校門口集合，準備展開為期兩天的工程地質研討會。

出發當天，天空飄著細雨，除擔憂本次行程順利與否外，亦對蘇花公路用路人安全的不確定性，深深地在腦海裡烙了一道痕兒。這兩天的研討會，除了有領隊林銘郎教授專業的領導外，一路上還多虧有了聯合大地工程顧問(股)公司孫荔珍總經理、國立台北科技大學王泰典副教授以及蘇花公路改善工程處李秉鴻技師三人的精闢解說(圖二)，使得整個行程更加的生動與豐富。

一、連接東西文化的脈絡沿革歷史

1960 年代末期，國內公共基本建設處於匱乏欠缺的狀態，且 1973 年的石油危機致全球經濟不景氣，為提升與深化國內總體經濟發展，政府提出十大建設以興建國內公共基本建設與振興經濟，北迴鐵路便為接軌東西部的鐵路幹線因應而生，自 1973 年動工至 1980 年竣工，歷經 6 年的拚戰與 36 位先烈的犧牲。

台灣特殊的地形、地質條件使得東海岸地質構造甚為惡劣，北迴鐵路於調查設計階段進行多次踏勘，隧道定線後進行必要的鑽探與調查工作，對沿線地質環境與工程條件應具一定的掌握，然 1995 年北迴鐵路雙軌工程建造的新永春隧道，在既有地質鑽探資料與新增更詳細的調查與探測後，施工過程仍遭遇大量湧水而進度延宕，令人不禁重新省思面臨東海岸地質構造時所應準備的調查課題與方法。

圖一　與會人員於清水斷崖之合影(2012.4.27)

＊ 台北科技大學材料及資源工程系

地工技術

2010 年梅姬颱風攜帶豪雨引致蘇花公路沿路多處邊坡崩塌造成傷亡(圖三)，令相關單位重新檢視蘇花公路的安全性，進而加速推動「台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫」(以下簡稱蘇花改計畫)的執行，鑒於昔日過往事件深刻烙印與面臨變質岩區工程性質不確定性，勢必得更進一步親近、了解蘇花改計畫工程範圍及工程特性，達「知己知彼、百戰百勝」之效。

蘇花改計畫改善路段主要分成「蘇澳~東澳段」、「南澳~和平段」與「和中~大清水段」，改善長度總長 38.4 公里，共 8 座隧道(23.4 公里)、橋梁(8.5 公里)與平面道路(6.5 公里)。

二、地形與地景

蘇花公路沿路盡為崇山峻嶺，交通不便。在南澳以北，山嶺多沿東西向延展，東沒於太平洋，西與中央山脈主嶺線相接；主要山峰有東澳嶺、西帽山及源頭山。南澳以南，山嶺約作南北向排列，大致由高 200 至 1300 公尺之斷崖峭壁構成，以和仁西南方之清水山為最高峰(圖四)，海拔 2407 公尺。沿線地區溪流甚多，除大南澳南北溪及大濁水溪外，河道均短小，河床陡急，為幼年期河谷。諸溪流多為東西向，源起中央山脈東斜面，向東流入太平洋。其主要溪流，自北而南有東澳溪、南澳溪、和平溪、和仁溪、及立霧溪。在各主要溪流入海處，有扇狀或弧形三角洲，由礫石、泥、沙堆積而成。自北而南有蘇澳、東澳、南澳、和平、和仁及崇德諸三角洲。其中和平、崇德兩三角洲較大，且為扇形三角洲，其餘均為弧形三角洲。

三、生態景觀

蘇花改路線起於宜蘭縣蘇澳鎮，行經南澳鄉與花蓮縣秀林鄉境內，沿線草生地、森林及溪流環境豐富，依其主要棲地類型差異可區分三類：

(1)溪流生態系：東部地區因地勢較陡峭，大多數的溪流皆呈現流域短且水流急的環境，上游地區河川侵蝕作用明顯，造成中、下地區河川堆積。上游水質清澈且溶氧高，水流湍急，適合生存的生物種類及數量並不很多。中下游河面較寬廣，水流較緩，常見沙洲泥地或礫石。

(2)森林生態系：依雨量、海拔與氣候等天然因子而可區分為各種植被群落，其中在蘇花沿線主要可區分為熱帶海岸次生林、亞熱帶闊葉林、暖溫帶闊葉林等森林相。蘇花地區最高海拔約至 1500 公尺左右，其林相由濱海地區至中海拔森林區約可區分為熱帶海岸次生林、亞熱帶闊葉林、暖溫帶闊葉林等植被類型，其中在海拔 500 至 1500 公尺左右主要為由樟科與殼斗科植物所組成之楠櫧林帶，海拔 500 公尺以下則多屬於由桑科與樟科所組成之榕楠林帶。

圖二 與會人員於清水隧道旁聆聽解說

圖三 梅姬颱風引致台 9 線 115k+900 處路基流失

圖四 蘇花公路著名之清水斷崖

地工技術

(3)農田生態系：一般種植單一作物或養殖單一漁產，生物相單純且密度高。於蘇花沿線平緩區域多已受人為開發，建築聚落周邊之耕地、果園及草生地等為主要棲地類型。

四、人文風采

人類為了生存與環境互動所產生的各種類型文化，在漫長的演化過程中，各種行為多少都會留下痕跡，尤其是物質性的遺留，這些遺留物出現的地方就稱為遺址。遺址通常沉埋於泥土中或者水面之下，層層堆積著前人生活所需的石器、陶器、骨角器等工具以及食物的殘渣、植物種子等生態遺物和房屋基址、墓葬、火塘、灰坑等遺跡。

在執行蘇花改計畫的過程中，意外的在宜蘭縣南澳鄉的漢本以及武塔兩處發現了陶器的殘件，於是便展開文化遺址的搶救工作。以下便針對兩處發掘與保存過程列述。

漢本遺址:民國 101 年 3 月 B3 標，計畫道路約 15K+400 處土地公廟旁，於施工監看過程中發現「漢本遺址」，遺址範圍從隧道口沉沙池土地公廟(圖五 A 點)由東南延伸，延伸至台九線 152.6k 處(圖五 B 點)、民宅蘇花路一段 12 號(圖五 C 點)，且越過鐵道路堤往碧海路 9 號民宅(圖五 D 點)。擁有史前上、下文化層堆積，從出土遺物與下文化層較為豐富的堆積研判，此處為一聚落型態的大型遺址，且應該擁有冶鐵的技術與遺留。

隧道口開挖西北側護坡土方與沉沙池四周地表可見大量金屬器時期紅褐色系素面或帶有各類拍印紋飾的陶器殘件(如圖六)，亦包含打製的帶穿石環，但少見打製的有刃石器，如斧鋤形器等。同時亦發現有豬顎骨、豬臼齒、大型魚類脊椎骨等生態遺物。此外，重要的金屬遺物包括有鐵渣塊，顯示當時有冶鐵跡象。

武塔遺址:武塔遺址行政隸屬於宜蘭縣南澳鄉武塔村，位於台 9 線轉武塔聚落西側南端稜脈前緣之山坡地，莎韻橋東方約 500 公尺公路旁莎韻遭難紀念碑上方公墓周遭的山坡面。遺址因墾闢造林導致破壞嚴重，出土遺物較為零星，包括橙色夾砂陶片與斧鋤形石器、石鏃、穿孔板岩等遺物，屬於丸山文化之遺址。武塔遺址可能為本計畫武塔隧道北上線南口路段之影響區域。

因此本計畫遺址搶救工作主要透過田野發掘工作，觀察基地內文化層堆積及分布狀況，並採取各項文化及生態遺物，紀錄遺物、遺跡之出土狀態，以資料記錄保存的方式保留遺址之各項資訊，並編製出土遺物清冊，提交地方文化資產主管機關宜蘭縣政府文化局保管。

五、地質概況與相關工程地質課題

台 9 線公路蘇澳－南澳段因不同的岩性造成明顯的差異侵蝕，加上劈理與其他弱面十分發達，造成本路段邊坡存在傾覆或楔形破壞問題，並導致路線線形不佳如平面曲線半徑較小、縱坡較大等不利行車情況，進而影響用路安全。以粉鳥林為例，粉鳥林位在東澳灣的最南端，因角閃岩節理及黑色片岩片理之位態與坡面成斜交狀態，節理面延續性良好，風化作用易沿節理面發展而弱化岩體，致節理面呈開口、分離狀，加上節理面發達，因此粉鳥林附近岩石邊坡主要之破壞型態為「落石」以及局部節理與坡面近乎平行造成的「傾翻」破壞(圖七至圖九)。

圖五 漢本遺址位置圖(交通部公路總局蘇花公路改善工程處，2012)

圖六 漢本遺址中的陶器殘件

地工技術

南澳至和平路段間最為重要的就是谷風地塹，谷風地塹係 1970 年代末期北迴鐵路鼓音隧道施工穿越舊崩坍地趾部而擴大形成。鼓音隧道中間約百公尺長之覆蓋甚薄，原設計採明挖覆蓋設計，開挖施工後不久遭遇地震，上邊坡出現裂痕且有擴大之虞，因而改為傳統式隧道開挖工法。然而隧道完成約 60 m 且上完襯砌後，因遭逢連續豪雨造成隧道起拱線和部分拱頂裂開，工程被迫停工，經補充調查與檢討災變原因後，再改為明挖工法，完工後形成今日谷風地塹形貌(圖十至圖十三)。

圖十 與會人員聆聽解說中

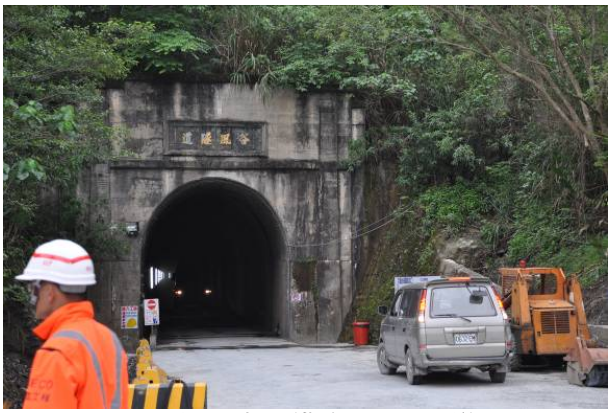
圖七 與會人員尋找岩性交界處

圖十一 谷風地塹上方明隧道之現況

圖八 王泰典副教授為與會人員作解說

圖十二 北迴鐵路舊鼓音隧道

圖九 與會人員合影於角閃岩前



圖十三 北迴鐵路舊谷風隧道

立霧溪出海口左岸、花蓮縣秀林鄉新興路側為片麻岩與大理岩的交接帶。片麻岩為高度變質之區域性變質岩，具有明顯片麻狀構造，主要礦物為長石與石英，顆粒較大，具有中、粗粒粒狀變晶結構(一般大於 1mm)，排列具方向性，肉眼可明顯辨識。大理岩具有等粒變晶構造、塊狀構造。一般呈白色，含有雜質時可呈現不同顏色及花紋，滴稀鹽酸時會產生強烈氣泡。與會人員在現場除了進行不同岩性之辨視與尋找岩性交界處外，亦進行了 Q 法的評分，依據統計評分後的結果，本區域 Q 法分類中屬於”劣”的等級(圖十四至圖十六)。

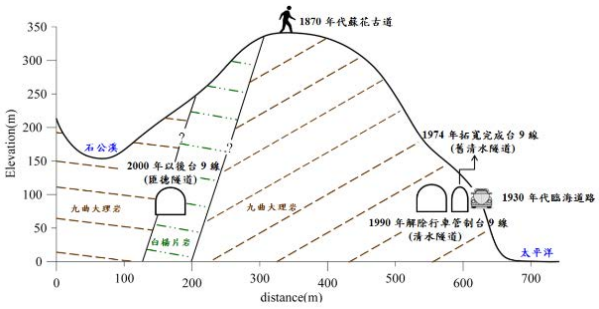
和平至崇德間路段沿線多懸崖峭壁，包括和仁至清水、清水至小清水、以及小清水至板下路段，

圖十四 與會人員於現場進行 Q 法評分

圖十五 與會人員於現場進行 Q 法評分

圖十六 與會人員於現場進行 Q 法評分

現有公路採密集的隧道群通過，昔日清水斷崖險峻地勢不復可見，魯谷幽峽壯麗景觀亦難有感受，實則為基於行車安全考量，路線經過多次改線的結果。圖十七整理匯德隧道位於小清水至板下之間歷年的路線變化。



圖十七 隧道路線歷年變化圖(地工技術雜誌，2012)

1980 年以前蘇花公路小清水至板下路段仍按 1930 年代完成的臨海道路，緊臨崖壁而行，以大理岩為主的邊坡坡度超過 70°，多組節理切割岩體造成經常性的岩楔滑落與落石現象(圖十八)。1990 年清水隧道完工路線小幅度向山(西)側內移，且路面拓寬為雙車道。然因清水隧道靠近崖壁興建，邊坡解壓節理發達，加上坡趾長期受海浪沖刷，1995 年檢查時發現隧道襯砌出現多處平行隧道軸向的張力裂縫，1996 年發生多次地震，造成隧道襯砌多處崩塌損壞。1997 年新闢匯德隧道，路線再向山側內移最大約 500 m，於 2000 年完工後改線至目前路線(圖十九至圖二十四)。

六、結語

地工技術基金會舉辦的工程地質研討會活動，每年皆獲得熱烈的迴響，不但報名向隅者眾，與會成員時有意猶未盡之感。本次活動已邁入第二十二屆，且活動每每成地工技術基金會的重軸戲，並提供國內各界人士技術研討交流的最佳平台。工程地質研討會不僅已成功地將學習地質環境與工程技術等不同背景的人士的思維接軌，更朝向融合生態、景觀及人文等面向邁進，提供更多元化的研討環境，讓我們期待下一次的再會。

參考文獻

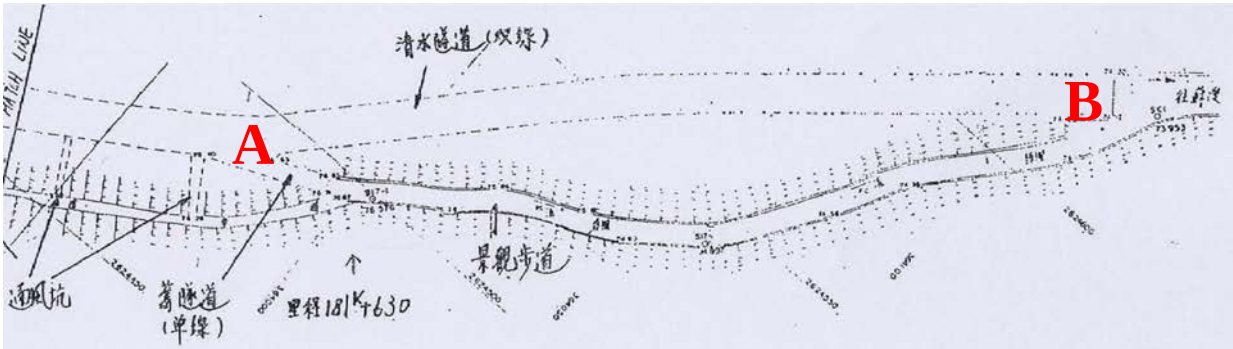
交通部公路總局蘇花公路改善工程處(2012)，ttp://www.suhua.gov.tw
自然與人文數位博物館(2012)，http://digimuse.nmns.edu.tw
花蓮觀光資訊網(2012)，http://tour-hualien.hl.gov.tw
陳福勝、何泰源、趙基盛(1996)，臺九線清水隧道安全評估勘查報告，臺灣公路工程，頁 11-32
地工技術雜誌 (2012)，第 131 期。

地工技術

圖十八 大理岩邊坡節理發達，易有落石現象

圖二十 清水隧道南口

圖十九 與會人員於清水隧道內合影



圖二十一 隧道路線變化圖(陳福勝等，1996)

圖二十二 隧道路線變化圖 A 處

圖二十三 隧道路線變化圖 B 處
(向隧道內攝影)

圖二十四 隧道路線變化圖 B 處
(向隧道外攝影)

※註:1 為 1930 年代臨海道路； 2 為 1974 年代舊清水隧道； 3.1990 年代清水隧道