

# 與會報導 地工技術第 39 次工程地質研討會

## 雪山尾稜～東北角海岸地質

黃韋凱<sup>1</sup>、朱晃葵<sup>2</sup>、楊哲銘<sup>3</sup>、吳文傑<sup>4</sup>、尤芊翔<sup>5</sup>、丁權<sup>6</sup> 整理

### 一、摘要

本次地工技術第39次工程地質研討會針對於臺灣東北部公路沿線景點進行研討，由地工技術基金會學術主委，現職亞新工程顧問公司蘇鼎鈞蘇副總擔當領隊，並很榮幸邀請從經濟部中央地質調查所榮退的朱傲祖教授來協助解說。

行程安排之內容主要以「新與舊」、「歷史與傳承」為主題，配合行程路線安排，地質年代由較年輕之中新世大寮層、木山層、澳底層漸往東走至較老的漸新世大桶山、蚊子坑層與龍洞砂岩；工程部分則是藉由舊南方澳大橋與現今改善工程；而工程與地質之銜接則是由國道五號雪山隧道到未來即將規劃設計之北宜直鐵工程；旅遊觀光部分則以深澳自行車隧道與金車噶瑪蘭威士忌酒廠以串接本次研討活動之主題。

### 二、活動行程與考察內容

雪山尾稜-東北角海岸地質研討活動係於2021年11月25日與26日兩日舉辦；活動路線沿公路省道台2線、台9線，針對臺灣東北部區域地質景點與既有、新建工程進行研討，以下則針對於表一對應之參覽編號進行現場活動說明。

### 三、八斗子海濱與落石

八斗子海岸地區為臺灣北部地區最著名

濱海美景之一，八斗子是位於基隆最東側的岬角，原為獨立小島以一條狹長的海溝與台灣本島相隔。日治時期為發展煤產工業，規劃在八斗子建立火力發電廠，才將海溝填塞與本島相連。八斗子在地理上自成獨立區域，山麓直逼海岸，造就了濱海一帶壯麗的地形景觀，狹小的平地大致沿海岸分佈，加上長期受東北季風和海浪侵蝕的結果，自然形成了曲折的岸線與天然灣澳。近年除壯麗的海岸外又以八斗子公園與潮境公園最具盛名。

然壯麗海岸線卻潛藏危機，2013年因康芮颱風外圍環流引起豪雨，當時4小時累積雨量為177mm，最大時雨量則達98mm每小時，進而誘發了一場落石砸毀車輛的事件(圖一)，而恐怖的是除了已經掉落於路面之落石外，尚有一顆更大的浮石仍坐落於災源區(圖二)，距離台2線省道為100米。

該次落石災害發生區屬大寮層中段塊狀砂岩，為逆向坡之型態。現地調查結果顯示：本區域具有兩組傾角近乎垂直之節理面，一組走向約略平行於海岸線，另一組走向則約略垂直於海岸線。致災成因可能與長期雨水入滲及風化作用有關，節理裂隙除因風化作用逐漸加大外，節理面上之含鐵質結核亦可能於風化時體積增加，進而加速節理開裂速度。本次落石災害之運動歷程大致可分為傾覆、滑移、滾動、自由落體、彈跳、滾動等數段歷程，落石

表一 觀覽地點及考察與討論重點列表

日期	編號	地點	考察與討論重點
11/25	1.1	八斗子海濱	岩坡工程整治、海洋和陸地交會的潮間帶、海蝕平台、倒懸岩壁之地形演進
	1.2	深澳鐵道自行車	鐵路歷史沿革、鐵路邊坡防護設施
	1.3	龍洞灣岬	龍洞岬海蝕地形、蚊子坑背斜軸岩層、地塹與斷層觀覽
	1.4	萊萊地質公園	火成岩脈判讀與觀察、地質構造線型辨別
	1.5	北關海潮公園	共軛節理觀察、互層之差異侵蝕、單面山
11/26	2.1	工程地質座談會1：雪山隧道過去工程地質挑戰與施工經驗	
	2.2	工程地質座談會2：雪隧鄰近新建工程：鄰近重大建設如何站在雪隧工程經驗之上進行路線選線與工程規劃	
	2.3	國道5號公共藝術作品(TBM)	TBM功能性、使用經驗說明
	2.4	南方澳跨港大橋重建工程	舊橋養護問題、新橋工程遭遇困難與改善

<sup>1</sup>中興工程顧問社 <sup>2</sup>秋森萬工程顧問公司 <sup>3</sup>聯合大學土木與防災系 <sup>4</sup>文化大學地質系 <sup>5</sup>黎明工程顧問(股)公司 <sup>6</sup>富國工程顧問(股)公司

運動過程耗時約23秒，移動路徑上之植被與風化土壤層可能為遲滯落石運動之主因。

#### 四、深澳鐵道自行車

鐵道自行車位於深澳支線-八斗子火車站與深澳火車站之間，早期深澳線在日治時期是一條軌距762公厘的輕便鐵路，也就是俗稱的「五分仔車」，主要是用於載運糖、鹽及煤至港口轉運出海，曾為風光一時之支線，與平溪線並駕齊驅，甚至有過之而無不及。但隨著礦源脈盡、煤礦減產，全線最後仍於1989年停止辦理客、貨運，僅保留瑞芳站至深澳火力發電廠之區間，提供運煤列車行駛，但因2007年發電廠停用，運煤需求消失，連帶深澳支線的歷史，因為產業而起，也因產業的消失而停駛，直至2014年因應海科館啟用，深澳支線也隨著復駛，八斗子車站也於2016年重新啟用。

鐵軌自行車八斗子段緊鄰八斗子火車站，該站為全台離海邊最近的火車站，加高的

月台可以遠眺太平洋，感受海天一色景致，也是唯一橫跨基隆市與新北市兩縣市的車站，在這裡可以一腳站在新北市，一腳站在基隆；周邊鄰近海洋科學博物館、深澳漁港、潮境公園等著名景點，鐵軌自行車另一頭深澳段則靠近深澳車站遺址、象鼻岩、深澳漁港，也可延伸至瑞芳、九份等觀光景點(圖三、圖四)。

#### 五、龍洞灣岬

龍洞岬鄰近海岸，出露岩層為北部地區最古老之地層，沈積年代約為3500萬年，地層由老至年輕的排列是從龍洞岬的白色砂礫岩為最老，依序向南愈年輕。位於龍洞岬的白色砂礫岩稱為四稜砂岩，當時的大地構造環境正處於地殼張裂時期，地殼處於下沉狀態，直到600萬年前的造山運動才將海盆中的岩層推擠而隆起形成山脈，古老的四稜砂岩也逐漸的被抬升而露出地表，並在風化與侵蝕作用之下形成了龍洞岬(圖五)。



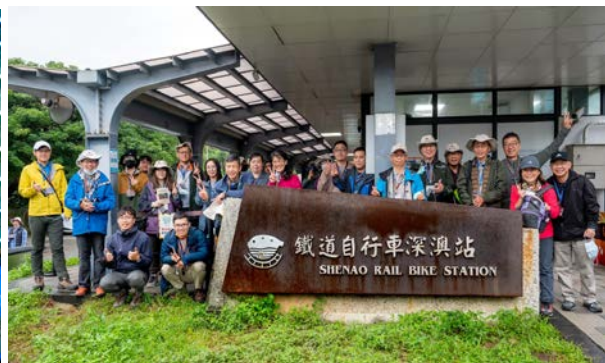
圖一 基隆八斗子落石災害實景(摘自聯合新聞網)



圖二 八斗子落石災害坡頂殘留巨石(2013.9.2攝)



圖三 鐵道自行車隧道內裝置藝術(江政恩攝)



圖四 鐵道自行車深澳站前合影(江政恩攝)

根據前述之地質構造影響，因而使此地區發育蚊子坑背斜軸。蚊子坑背斜位於鼻頭向斜之南而略與之平行，二者由龍洞斷層所分隔，延伸長約6公里，東北段延伸至海域，西南段則為一斷層所截失。本背斜軸傾向西南，出露地層由東北向西南漸新，依序為龍洞砂岩、蚊子坑層及木山層。蚊子坑層厚約1240公尺，可分上下兩段，下段厚約500公尺，岩性為泥岩間夾薄層砂岩；上段厚約740公尺，其岩性為泥岩間夾薄層和厚層砂岩。有一說法：蚊子坑層與龍洞砂岩是以斷層接觸，因此蚊子坑層可能比量測所得更厚。

## 六、萊萊地質公園

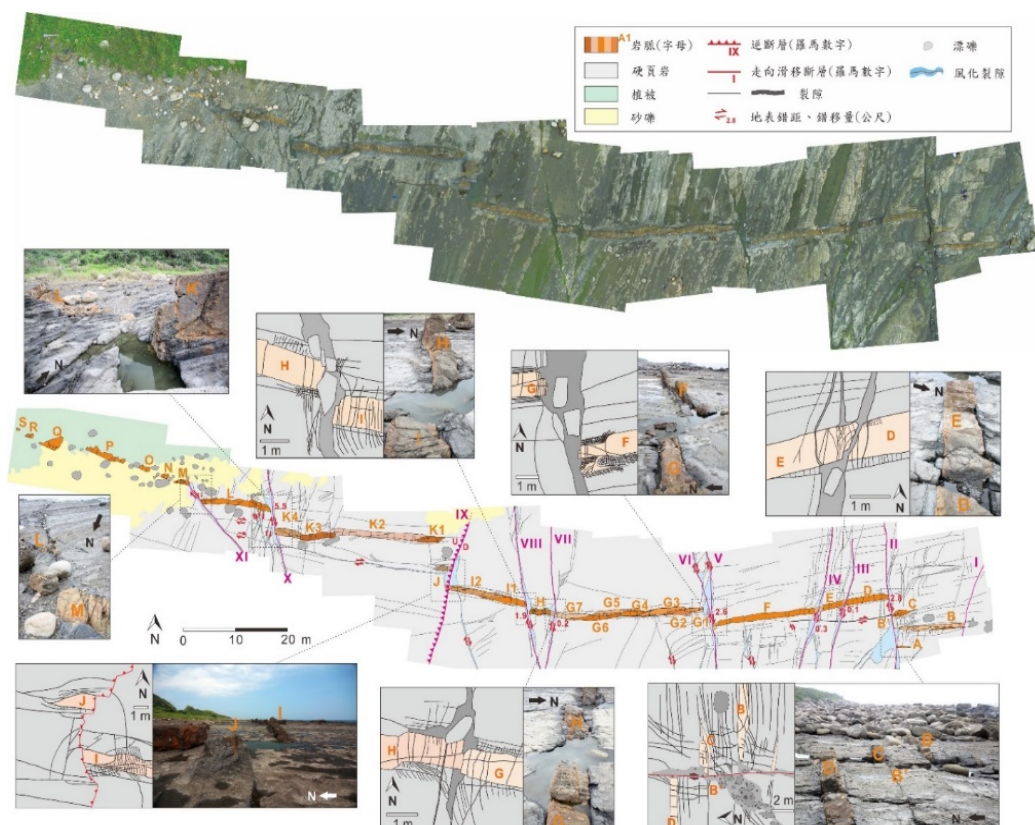
臺灣東北角萊萊海蝕平台由漸新世具低度變質的沉積岩組成，其上同時出露中新世入侵形成的雁行鹼性玄武岩脈，豎立於地面似一堵岩牆(圖六)。該岩脈呈灰黑色，寬約50公分，延長十餘公尺。本區域已知有三條侵入漸新世大桶山層約十餘段之岩脈，岩脈相距約2至5公尺，其間遭受橫向斷層之錯移，於該平台上地層、斷層與節理之交錯可瞭解該區域所受之大地應力分布狀態(圖七)。



圖五 朱倣祖、楊哲銘教授講解龍洞灣岬地質環境(江政恩攝)



圖六 與會者於岩脈前合影



圖七 岩脈列及周遭區域的岩性分布及破裂構造底圖(尤，2015)

## 七、北關海潮公園

位於宜蘭縣頭城鎮更新里，為東北角暨宜蘭海岸國家風景區旅遊景點之一，沿臺2線濱海公路駛至129.9K即抵達北關。此處在公路西側有宜蘭線鐵路經過，緊鄰山勢而行，另一側則濱臨太平洋的海岸，兩側夾峙如隘，清代曾設有關隘駐防，因與南關同為門戶而得名「北關」，古時便素有「蘭陽之鎖」的稱號，形容對宜蘭地區的重要性。

北關以單面山、豆腐岩等景著稱，其中單面山乃指一翼緩斜(順向坡側)，一翼陡峭(逆向坡側)之山形，單面山之成因為頁岩與砂岩互層之沉積岩，受造山運動推擠而傾斜隆起，逆向坡側則受差異侵蝕營力影響，岩體強度較弱之頁岩受侵蝕，使堆疊於層位較高之砂岩失穩而掉落，形成不對稱之單面山(圖八)；豆腐岩則因岩層變動擠壓形成兩組節理(圖九)，分別為走向節理與傾向節理，由此兩組節理構成之節理系統稱之為共軛節理，造成岩面切割成似豆腐狀，故有其美稱。

## 八、工程地質座談會

### 8.1 雪山隧道過去工程地質挑戰與施工經驗

本次座談會第一個部份，是邀請曾經參與雪山隧道開挖工程的王豐仁技師介紹「雪山隧道過去工程地質挑戰與施工經驗」(圖十)。複雜之地質條件為雪山隧道過去施工陷入困境之主因，加上開挖岩層內含豐沛地下水，造成施工效率低外，更可能引致抽坍災害。其中又以雪山隧道南段地質變異性最大，於探查位置1公尺外的地質情況就差異甚大；因此，以傳統學理判斷調查成果與現場實際地質狀況有著顯著差異，使得施工風險提高。

雪山隧道施工過程中，就曾遭遇6條區域斷層及98處剪裂帶，斷層及剪裂帶岩盤異常破碎並夾剪磨泥，岩體自立性不佳。而在富含地下水之地層，剪磨泥成為絕佳的阻水層，當隧道開挖貫穿阻水層，常發生高壓地下水夾帶破碎岩塊瞬間湧出，造成開挖受阻、TBM受困，總計雪隧主隧道與導坑開挖過程共發生36處大湧水、63次抽坍，TBM受困達26次。



圖八 北關觀潮公園之單面山狀況



圖九 北關觀潮公園之豆腐岩共軛節理發展狀況



圖十 勝田工程技術顧問公司王豐仁技師講解

雖然地質條件不佳，然設計、施工團隊妥善地利用地質工作於隧道興建之角色定位，對於開挖推進過程循序漸進，一步一步因應著多變的地質環境，進行地質調查與測繪以調整隧道穩定工法、調整監測策略並進行補充調查，克服施工階段遭遇之困難，最終能完成整個隧道，雪山隧道也躋身全球「最艱鉅建築工程」之列。

### 8.2 雪山隧道過去工程地質挑戰與施工經驗

本次座談會第二個部份，是邀請陳正勳副理介紹「鄰近重大建設如何站在雪隧工程經驗之上進行路線選線與工程規劃」(圖十一)。交通部統計與預估於民國一百零五年北宜高乘載車流將達飽和，需新增路廊紓解其壅塞情形；又因既有鐵路路線彎繞、部分路

段坡度過大、台鐵一票難求，需新增路廊解決運能瓶頸。有鑒於此，交通部開始研議於臺北-宜蘭間新設雙股北宜直鐵路廊以疏解交通流量，北宜直鐵其路線方案，如圖十二所示。

依據交通部之規劃，其研議方案主要可能選用以隧道型式進行設計，於路線行經之水質水量保護區、水源特定區底下穿越，可減少對環境之衝擊，但仍有隧道對水量、水質保護、水庫淤積等影響需妥為考量。故本次研討內容以北宜直鐵曾研討之行經翡翠水庫集水區路線方案為例，分析評估隧道施工與營運對水庫及水源特定區影響，以營造安全、生態、多樣的水源環境及確保量足、質優、永續的水資源，並研提減輕、避免對環境之影響及環境補償策略。透過各項地質調查瞭解沿線地質條件及水文地質分區，並利用解析解法與數值法評估隧道施工與營運可能出水量，評析隧道施工可能對水質及水庫淤積影響，並研擬保護對策以降低衝擊。

## 十、國道5號公共藝術作品(TBM)

雪山隧道導坑北段貫通後，當年用來貫通導坑的全斷面隧道鑽掘機(TBM)化身為公共藝術品，由在地藝術家羅萬照團隊創作的「平安回家」，陳列於國道五號頭城段的高架橋之下，本公共藝術計畫首要傳達國道5號雪山隧道工程的歷史象徵及文化價值，亦關注地方民眾及使用經驗，透過藝術創造方式，在保有原始精神、尊重其歷史脈絡之前提下，再塑宜蘭地景形象，並開創國道公共藝術新地標。

當年雪山隧道是國內首度引進TBM工法，雖然在工程初期鑽掘四稜砂岩時吃盡苦頭，但在工程中後期卻成為加快工進的大功臣，而當年三部TBM只剩下這部留了下來。作品以抽象的TBM外觀，作為服務區之入口意象，邀請遊客以行走的方式走入作品，感受隧道實際的尺度，帶給人的震撼與美感(圖十三)。

## 十一、南方澳跨港大橋重建工程

宜蘭縣蘇澳鎮「南方澳跨港大橋」無預警倒塌造成漁港航道受阻及民眾傷亡事件。為維



圖十一 臺灣世曦 陳正勳副理講解，與會者皆聚精會神聆聽(江政恩攝)



圖十二 北宜直鐵二路線方案平面圖(台灣世曦工程顧問股份有限公司，2015)



圖十三 與會者與公共藝術作品(TBM)合影(江政恩攝)

護南方澳地區交通需求，交通部指示相關計畫由公路總局主政，並強調以施工期間不影響航道、日後容易維修2大原則進行重建工程。而因為交通流量大，民眾需求迫切，公路總局依政府採購法第22條第1項第3款「遇有不可預

見之緊急事故」之規定，委由台灣世曦設計、監造。並於「中央地方建設協調會報-南方澳大橋重建橋址(第2次)」會議，確定採原址重建。重建工程於2020年7月16日開工，工期760天，預定2022年8月14日完工。

本工程位於宜蘭縣蘇澳鎮境內南方澳大橋原址辦理重建，原橋梁主體全長約595公尺，主橋於倒塌後結構移除(含二端引橋及引道)，併本工程一併重建。本標工程主要內容包括拆橋工程、道路工程、橋梁工程、擋土牆工程、排水工程、景觀工程及其他附屬工程等。舊橋毀損拆除部分，為減少對第三拍魚市場與安檢所之影響。採用於西岸鍊鋸切割，切割後節塊以海運方式運送至東岸第四港渠碎解回填方式進行。

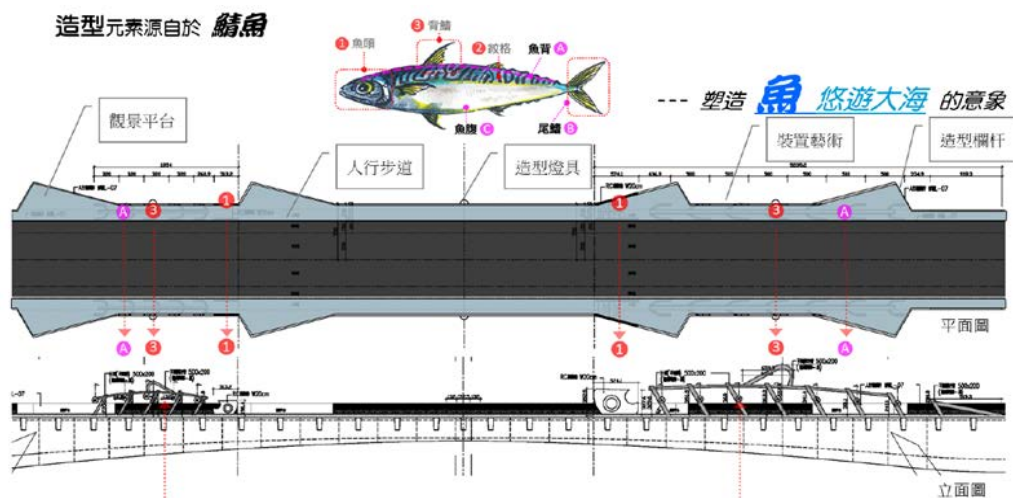
未來新橋將增設機車道、加寬人行道以及增設平面側車道以改善交通動線，設計以鯖魚為意象，示意圖如圖十四所示。當天拜訪感謝蘇花改工程處李宗仁處長和台灣世曦營建部

蔡振昌經理協助安排參訪行程，使本次活動得以圓滿成功(圖十五)。

## 誌謝

本次活動特別感謝經濟部中央地質調查所榮退 朱傲祖教授協助解說，並於地質研討會擔任開場進行地質引言，讓整場活動中，工程師與地質師能有更廣泛的交流。感謝勝田工程技術顧問公司王豐仁技師、臺灣世曦陳正勳副理以及中華民國退休榮工協會廖銘洋副理事長於研討會中不吝分享過去施工、設計相關經驗及調查細節。

此外，本活動承蒙各界專家、學者踴躍參與，讓活動討論多元且能從各種不同面向切入，使活動過程充滿活力，方能讓活動圓滿進行。地工技術基金會王泰典執行長、學術委員會蘇鼎鈞主委、基金會全體同仁、地工技術青年軍等一同敬表謝忱。



圖十四 南方澳新橋鯖魚設計意象示意圖



圖十五 南方澳新橋日景模擬示意(左：李宗仁處長，右：蔡振昌經理)