

工程地質研討會

變動的大地—浴火重生南台灣工程巡禮 與會報導

朱晃葵* 吳章諾** 黃韋凱*** 楊哲銘**** 吳文傑*****

一、活動行程與考察內容

台灣位處歐亞板塊與菲律賓海板塊交接處，旺盛之造山運動之下造就台灣第一高峰玉山，溫暖多雨亦使植被鬱鬱，得天獨厚的條件讓台灣冠上福爾摩沙的美名。但台灣山高河短，人稠地窄，造山運動致使地質條件多變，夏季颱風亦會導致重災。因此工程師在面對複雜之地質條件、無法預測之地震及極端氣候產生的強降雨時，如何評估災害導致之風險，進一步達到防災與減災之目標，是相當重要的課題，亦是現代人面臨的挑戰。據此，台灣地工技術基金會自 1987 年起，每年皆會邀集國內學界與從業人員，舉辦地質野外與工程參訪，希冀於過程中藉由地質與地工等不同領域之互動，相互分享其技術及研究。本次研討會由國立中央大學應用地質研究所董家鈞教授以及臺灣省應用地質技師公會顏一勤理事長率隊，假 2018 年 7 月 12 日~13 日兩日行程參訪位於南台灣、進行中之大型工程建設，包括南化水庫防淤隧道工程、中寮隧道與田寮高架橋長期改善工程及受莫拉克風災嚴重影響之台 20 線(勤和至復興段)與台 29 線(小林村至那瑪夏區)，皆因風災以及地震災害重創，而正好符合這次研討會主題：浴火重生之工程巡禮。

二、國道3號田寮3號高架橋與中寮隧道北洞口

國道 3 號田寮 3 號高架橋及中寮隧道位於高雄市田寮區，現場由台灣世曦大地工程部副理張嘉興與李秉鴻地質師為與會人員解說，本段係採橋梁及隧道形式通過龍船斷層及旗山斷層，並分別跨越古亭坑層泥岩、烏山層砂岩及蓋子寮頁岩等不同地層。自民國 89 年完工以來，屢次發生結構變形損壞，雖經多次維修改善，但仍有持續損壞之情況。據此，自民國 100 年起辦理監測及補充地質調查，經 3 年監測變形原因，並於民國 103 年開始辦理改善工程及相關設計工作。

經由補充調查，雖尚無法明確釐清造成變形之原因(可能為泥貫入體造成之擠壓破壞；或龍船背衝斷層造成之抬升)，但已可確認主要變形之位置及其範圍，本路段改善工程主要內容為：1. 拆除既有田寮 3 號高架橋，新建路堤通過斷層帶；2. 拆除既有中寮隧道北洞口，以修坡路塹通過斷層帶，以柔性結構(路堤、路塹)取代剛性結構(橋梁、隧道)，吸納大地擠壓與斷層活動之變形，提供安全的行車環境，並易於日後之道路養護維修工作，預定於 108 年完成改善工作；活動

表一 工程地質研討會(33)~變動的大地 行程表

日期	地點	考察與討論重點
7/12 (四)	集合出發(高鐵左營站)	-
	停駐點 1：國道 3 號田寮 3 號高架橋及中寮隧道	泥岩地質、斷層與結構互制影響
	停駐點 2：台 29 線(小林村至那瑪夏)	小林村崩塌事件、旗山溪沿線露頭
	工程地質座談(夜宿嘉寶溫泉渡假村)	首日座談交流與次日預告
7/13 (五)	停駐點 3：台 20 線(桃源勤和至復興路段)	布唐布納斯溪、荖濃溪沿線露頭
	停駐點 4：南化水庫與防淤隧道工程	重力式拱壩、防淤隧道工程
	抵達高鐵左營站解散	-

* 朱晃葵大地技師事務所 ** 中興工程顧問股份有限公司 *** 財團法人中興工程顧問社

**** 交通大學防災與水環境中心 ***** 中央大學地科系

期間由於施工場地受限，與會人員分為兩路分別前往田寮 3 號橋檢視討論高架橋北段橋面與橋墩受擠壓影響而產生位移的情況(圖一)，以及中寮隧道北洞口受擠壓影響產生變形的現況，進行結構物損壞原因以及修復工法之探討，並且移動至隧道上方上邊坡檢視泥岩邊坡開挖露頭剪裂帶出露之情況。

三、台29線(小林村至那瑪夏區)

本次停駐範圍為高雄市桃源區境內台 29 線小林村至那瑪夏一帶，台 29 線沿線地勢高低起伏崎嶇，海拔高度在 500~1,000 公尺之間，在地形分區上屬於屏東山地中山帶(陳，2006，臺灣地質)。

民國 98 年之莫拉克颱風所帶來之雨量，誘發甲仙區小林村後方山坡產生大型山崩，並造成掩埋村落致 500 人失蹤之巨災。現場由中央大學李錫堤教授為與會人員解說此山崩之機制(圖二)，並利用空拍機直播之方式一窺山崩現況。

小林村山崩其破壞形式屬於楔型破壞，是由向東南傾斜之地層層面與一組向西北傾斜之節理共同組成，發生滑動的溪溝源頭為堆積甚厚之老崩積層與新崩積物，有利於地表水入滲，致使崩積物易於飽和。並由於滑動區之坡高太高，致使衝擊能量提升，進而擴大了災損程度。李教授並同時指出，國內仍有不少溪溝源頭係屬此種類型，若能透過水系圖結合地形資料將其找出，或可有效降低此種山崩造成之災害。

離開小林村遺址後，一行人沿台 29 線北上，停駐了世紀大峽谷以及民權國小，台 29 線沿路正好為找尋三民頁岩、紅花子層以及長枝坑層出露的良好環境，而世紀大峽谷即是個典型的紅花子層露頭。沿途巴士停駐在荖濃溪上方的新建改線橋梁，亦為風災後所延伸的產物，為提供那瑪夏區居民疏散避難的空間，其改線橋梁設計皆須考慮洪水來臨時足夠之通洪斷面。橋邊有一裸露順向坡，清楚展示常見的是四組節理：走向節理、傾向解理與斜節理 A 組、B 組(圖三)，節理的特徵亦是工程設計的關鍵，例如：何組節理為



圖一 田寮3號橋北側討論橋梁結構物現況 (江政恩攝)



圖二 李錫堤教授為與會人員解說此山崩之機制 (江政恩攝)



圖三 順向坡上之走向節理、傾向節理與斜節理 A、B組 (江政恩攝)

水的通道，何組節理有夾泥，各組節理的間距(spacing)等節理十大特徵；另外，回到車上，王泰典老師亦分享工作經驗，讓大家思考節理在岩體分類評分下，考慮有構造控制之岩體與完整岩石特徵控制之岩體，進一步達到完整描述岩體情形以協助工程師了解現地。而民權國小在莫拉克風災後，在台達電子文教基金會的協助下，以「永續式淨零耗能」的綠建築精神異地重建(圖四)，現場的土工技術夥伴雖非綠建築專長，但仍針對防災避難，以及綠建築提供的巧思進行交流，結束了第一天的現地交流活動。



圖四 綠建築：民權國小 (江政恩攝)



圖五 明霸克陸橋利用空拍機展示高空視野並合影留念(黃韋凱攝)

四、台20線(桃園勤和至復興路段)

同樣飽受莫拉克颱風影響，台 20 線路段因荖濃溪河床淤高 30 至 40 公尺，致使沿線之橋梁(撒拉阿塢橋、勤和橋、明德橋)與勤明隧道完全覆滅於河床下。便道搶通後又遭逢民國 101 年 6 月豪雨，使荖濃溪河床抬升約 20 公尺，使道路再度損毀。由於河道淤高，造成荖濃溪行水範圍顯著擴大，其中支流布唐布那斯溪由於上游有近八千萬方之崩積土砂，於匯流區形成廣大之沖積扇更曾短暫阻斷主河道形成堰塞湖，嚴重影響便道之通行。

現場由甲仙工務段陳正偉段長與台灣世曦大地工程部張嘉興副理為與會人員解說，其中，又以玉穗溪與布唐布那斯溪交接之地形地貌變化與工程整治設施，為本停駐區域中最值得瞭解與觀察之區位。而於本次活動中充分應用了近期新興調查工具-無人載具與直播功能，使活動參與人員能透過直播平台，同步欣賞鳥瞰下整體布唐布那斯溪集水區以及鄰近地貌之壯觀景貌。而此次操作解說人員主要由黃韋凱副研究員帶領大家，並由同步飛航與解說的方式引領現場與會人員(圖五)；後由台灣省應用地質技師公會顏一勤理事長帶領與會人員至支流玉穗溪沿岸，並解說區域地質現況(圖六)，沿岸出露岩性以板岩與硬頁岩之薄互層為主，並可見許多沉積同時變形構造(如：崩移構造、荷重鑄型)。



圖六 顏一勤理事長為與會人員解說玉穗溪農路區域地質現況 (吳章諾攝)

保水庫運轉順暢並於颱風期間「蓄清排渾」，延長水庫壽命及基於永續利用之原則，乃於水庫庫區上游右岸新建防淤隧道，以確保水庫水資源的永續利用。

現場由南水局南化水庫工務所劉俊杰主任負責解說，並由中興工程顧問公司大地工程部江政恩、江憲宗與廖俊逸工程師帶領與會人員至防淤隧道出水口、進水口與南化水庫壩頂參訪。為因應南化水庫庫區右岸之順向坡地形，故將南化水庫大壩設計為拱型重力式土石壩，一方面可讓大壩心層材料與順向坡間有較佳之接觸角度，減少滲漏機會，另一方面可減少材料填築量，以降低建設成本。目前防淤隧道已完成貫通，參訪期間正在為出水口段之隧道壁面鋪設抗磨材料以增加隧道之抗蝕能力，而圍堰施作也營造乾式施工環境，方便進水口之施作。

現場參訪首先抵達進水口段圍堰工區，由於防淤隧道設計為底孔排砂，需在不影響水庫供水營運前提施作進水口抗渦流結構及隧道入口，設計建構高度 47.5 公尺拱型圍堰，以營造乾式施工環境，第二部份由出水

五、南化水庫與防淤隧道工程

南化水庫由於缺乏庫底排砂設施，為確

口方向進入防淤隧道內，期間正在施作耐磨層塗料工項(圖七)，主要提供混水排淤過程中降低壁面損耗的功能，第三部分則至壩頂以及搭乘船舶經由庫區至進水口圍堰(圖八)。

誌謝

本次工程地質活動主要參訪數件在建工程，其中感謝台灣世曦工程顧問股份有限公司(國道 3 號田寮 3 號高架橋及中寮隧道、台

29 線及台 20 線改善工程)與中興工程顧問股份有限公司(南化水庫與防淤隧道工程)提供參考資料編撰手冊以及現地解說。

本次研討會另一大亮點即為結合近年新興之傳媒方式「直播」與「無人機攝影」進行解說：配合空拍機的優點達到人力無法輕易到達之困難地段，進行空域的現況攝影進行播送，亦感謝「主播機師」中興工程顧問社防災中心黃韋凱副研究員針對空載重點資訊的飛航及解說。



圖七 隧道壁面抗磨材料施工 (江政恩攝)



圖八 搭乘船舶至進水口圍堰工區 (朱晃葵攝)



遠望布唐布那斯溪崩場地大合照 (江政恩攝)