

工程地質研討會專欄

工程地質研討會(十六)～貫穿一世紀的水利工程 與會報導

翁孟嘉*

一、活動行程與考察內容

水利建設與人類生活、文化、歷史習習相關，地工技術研究發展基金會特地於民國 96 年 9 月 6 日至 8 日，舉辦工程地質研討會(十六)～貫穿一世紀的水利工程，造訪南台灣重要水利工程，包括水庫、引導水隧道、灌溉渠道等，期能承先啟後，繼往開來。本次活動由台灣科技大學營建系林宏達教授擔任領隊，李維峰博士進行策劃，邀請台灣大學地質系陳文山教授及前中興工程顧問公司總經理張森源先生擔任解說，參與學員一行共 36 人。活動全程足跡遍佈南台灣，在主辦單位充份準備及解說老師的精闢講解下，參加學員不僅飽覽當地地質地貌，並緬懷先人胼手胝足的工程興建歲月，行後皆感收穫

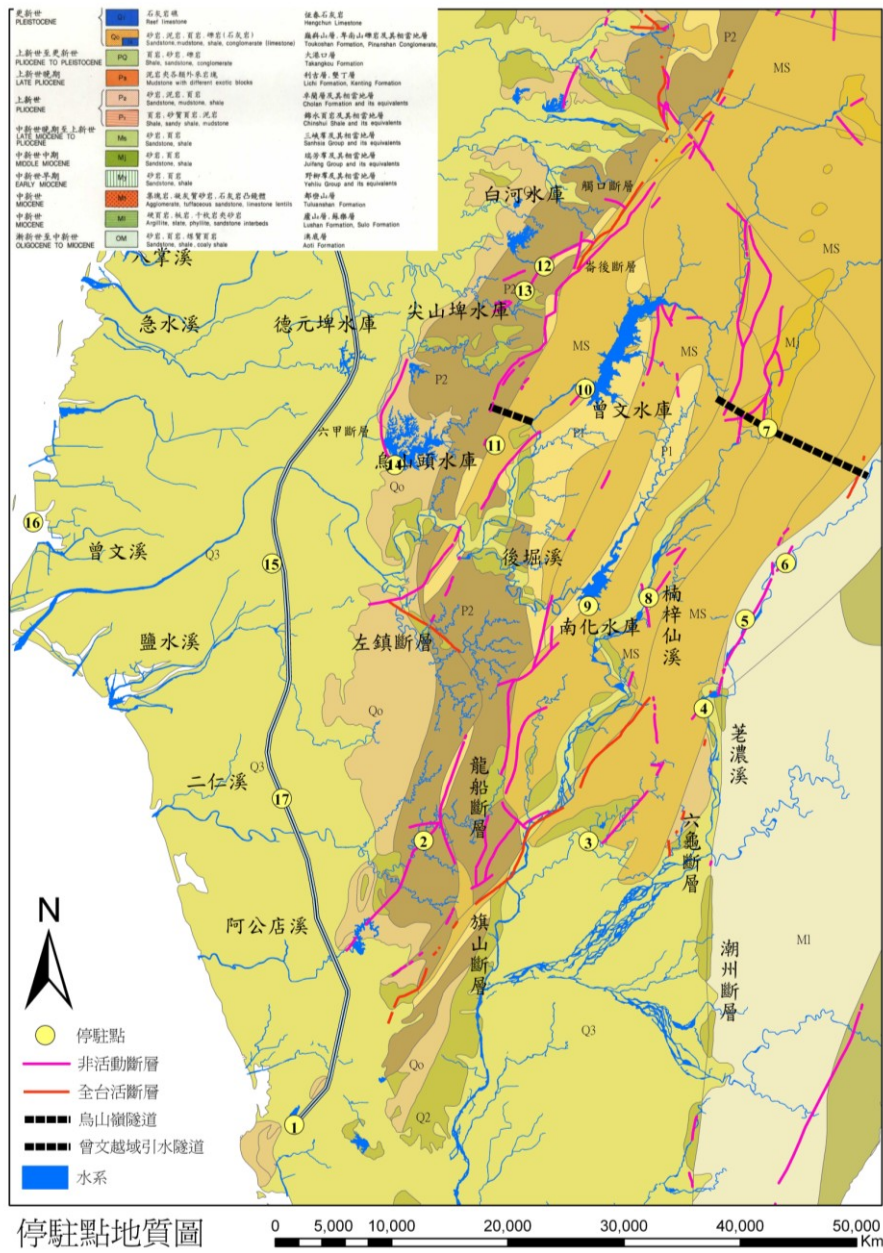
豐富。

此次考察活動，首先於台灣高鐵左營站集合，之後前往田寮月世界觀察泥岩惡地形；六龜瞭解礫岩產狀及潮州斷層，於後前往寶來溫泉區進行研討會，瞭解南部區域地質及構造運動，張總經理並書對聯「大地工程依地質，地質實況靠旅遊」，與大家共勉。次日參開水利建設造訪之旅，由目前興建中之曾文越域引水工程揭開序幕，依序前往南化水庫、曾文水庫，之後夜宿關仔嶺溫泉。第三日前往歷史悠久之烏山頭水庫，並參觀嘉南平原水利之父－八田與一紀念館，隨後前往奇美博物館，下午則乘船悠遊於七股潟湖，一覽潟湖生態。本次研討會之詳細行程請參考表一，停駐點位置如圖一所示。

表一 工程地質研討會(十六)～貫穿一世紀的水利工程行程表

| 日期 | 停駐點 | 地 點 | 考察與討論內容 |
|--------------|-----|------------|---|
| 9/6 (星期四) | 1 | 台北—左營高鐵站 | 搭乘高鐵前往左營 |
| | 2 | 田寮月世界 | 觀察月世界惡地形:地質、生態、工程 |
| | 3 | 美濃(客家文化導覽) | 客家聚落食衣住行育樂之文化歷史 |
| | 4 | 六龜火燄山、潮州斷層 | 潮州斷層、土壘灣斷層、荖濃斷層、沖積扇礫石階地 |
| | 5 | 荖濃溪畔之六龜河階 | 六龜礫岩之產狀、膠結程度、受地體構造應力影響的程度、風化與紅土化的程度比較 礫石層的力學特性、邊坡穩定與隧道工程特性與經驗談 |
| | 6 | 寶來溫泉室內研討 | 台灣的溫泉分類與形成機制 陳文山教授與張森源先生解說考察內容與綜合研討 |
| | | 夜 宿 | 芳晨溫泉渡假村 |
| 9/7 (星期五) | | 寶來溫泉 | 07:30 出發 |
| | 7 | 三 民 | 曾文越域引水隧道工程 |
| | 8 | 甲 仙 | 曾文越域引水隧道工程工務所 |
| | 9 | 南化水庫 | 弧形土石壩 |
| | 10 | 曾文水庫 | 曾文大壩、洩洪道、高陡岩坡 筒狀電廠廠房 嘉南平原的水資源運用 |
| | 11 | 崙後斷層 | 嘉南地區活動構造及構造分區 觸口/崙後斷層 |
| | 12 | 關仔嶺溫泉 | 關仔嶺溫泉的形成機制、泥火山與斷層帶的關聯 |
| | | 夜 宿 | 關仔嶺統茂溫泉會館 |
| 9/8 (星期六) | | 關仔嶺溫泉 | 07:30 出發 |
| | 13 | 水火同源 | 甲烷容易彙集的地層、高壓地層之壓力來源 |
| | 14 | 烏山頭水庫、嘉南大圳 | 烏山嶺隧道(烏山頭引水隧道)、烏山頭水庫抽砂淤填大壩 |
| | 15 | 奇美博物館 | 參觀奇美博物館，包含美術館、文物館、樂器館、兵器館、自然史館、產業技術館等單元 |
| | 16 | 七股潟湖 | 七股潟湖生態 |
| | 17 | 台南歸仁高鐵站 | 台南至台北 |

*國立高雄大學土木與環境工程學系



圖一 行程停駐點及地質圖 (本圖彩色版請參閱地工技術網頁)

二、地質考察

(1) 泥岩惡地形

台灣西南部地區泥岩由於植生少而形成本區特殊的惡地地形景觀。典型惡地以高雄縣田寮鄉、內門鄉、燕巢鄉北部與台南縣龍崎、左鎮、南化等，其中本次停駐點「月世界」位於田寮鄉二仁溪主流流經處，惡地裸露更為奇特。田寮月世界地質約 500 萬年，其厚達 4000 公尺的泥岩層，代表了台南高雄地區在古代是深達數千公尺的深海，歷經滄海桑田，終於上升成為陸地。約在 200 萬年前月世界地區原為丘陵地形，二仁溪河谷寬闊，河床上有 2-10

公尺礫石層。後來地層變動，陸地上升，河床亦上升約 100 公尺。河床的原床緩慢堆積現象，突然因這種陸升或海降作用而轉趨活躍，開始地形上的「回春作用」。二仁溪急速下切作用，表面礫石層被沖刷入海，露出下層的泥岩層。因泥岩層顆粒細小、膠結疏鬆透水性低，遇水成泥，在雨水和污水侵蝕下，逐漸成了光禿禿、崎嶇不平的地形。由於泥岩岩性脆弱，遇水軟化剝離、泥濘，乾則龜裂崩落，沿二仁溪兩岸常見尖銳嶙峋的地貌。常見的小地形包括 V 型谷、土指、平底湖、泥裂、天然橋、蝕溝、尖銳山脊等。

(2) 礫岩及潮州斷層

本次考察地點為六龜十八羅漢山，根據陳文山教授解說，該地礫岩可分為六龜礫岩及紅水坑礫岩。六龜礫岩分佈位在荖濃溪兩岸，以交角不整合於長枝坑層之上。岩性為厚層礫岩，夾有透鏡狀砂岩，礫石主要成份為變質砂岩。紅水坑礫岩為陳文山等人研究新命名的地層，由原先的六龜礫岩所區分出來，分佈在荖濃溪東岸與紅水坑溪，其以交角不整合於樟山層之上。礫石主要成份為硬頁岩、板岩及部份變質砂岩。陳教授根據六龜礫岩及紅水坑礫岩之分佈情形，據以推斷潮州斷層位置應位在兩礫岩之間。

(3) 溫泉

1. 寶來溫泉：位於高雄縣桃源鄉寶山村、小關山之西南方。溫泉沿著荖濃溪的支流寶來溪分布，從上游到下游依序為十三坑溫泉、十二坑溫泉、十坑溫泉、七坑溫泉、石洞溫泉和寶來溫泉。此溫泉出露於中新世地層（樟山層），樟山層之標準地層在新望嶺斷層以東到唯金溪橋斷層之間，岩性為深灰色硬頁岩夾濁流砂岩，砂岩呈現布馬層序的沉積構造和砂頁岩薄互層。溫泉水質清澈透明，可供飲用，出露之溫度約為 55°C，屬於中溫溫泉，為中性碳酸氫鈉泉。

2. 關子嶺溫泉：位於台南縣白河鎮關嶺里，是全國唯一的沉積岩區高溫溫泉，其泉質滑膩、具濃重的硫磺味。本溫泉出露於上新世巨厚的未完全固結泥岩地層，可能位於六重溪斷層線上，溫泉水從斷層裂隙湧至地表。溫泉水質混濁，含有大量的泥質黏土，是一種熱泥泉，且於溫泉周圍常見白色的結晶，此一物質為岩鹽。此溫泉出露時之溫度約為 80°C，屬於高溫溫泉，為弱鹼性碳酸氫鈉氯化物泉。

三、水利工程巡禮

(1) 曾文越域引水工程

「曾文水庫越域引水工程計畫」為目前興建中之重大公共工程，其目的為解決台灣南部地區之中、長程供水問題。本計畫係針對曾文溪有水庫卻水量不足，利用高屏溪有水量無水庫之特性，將高屏溪支流荖濃溪之豐水期（5~10 月）餘水越域引入曾文水庫蓄存，俾增加水庫進水量，提升水庫及水資源利用率。計畫內容包含三部份：

1. 東引水隧道：貫通荖濃河流域與旗山流域，規劃為內徑 5.3 公尺、淨高 5.0 公尺之馬蹄型隧道斷面（鑽炸法）及內徑 5.3 公尺之圓形斷面（TBM 工法），總長 9628 公尺，縱坡 1/700，設計流量為 50cms。

2. 旗山溪跨河段：銜接東、西引水隧道，全段採倒虹吸管水路，以跨河橋及過河段鋼管橫跨旗山溪，總長 385 公尺。全段尚含附屬構造物如退水路、閘門及吊門機室等。

3. 西引水隧道：貫通旗山河流域與草蘭河流域，規劃為內徑 5.3 公尺，淨高 5.0 公尺之馬蹄型隧道斷面，總長 4341 公尺，縱坡 1/700，設計流量為 50cms。

此次考察首先前往甲仙「曾文水庫越域引水工程計畫」工務所，受到施工團隊熱情接待，之後前往東引水隧道西口，參觀泥水加壓式 TBM 工法之施作情形，學員們並與現場單位互相經驗交流，獲益良多。

(2) 南化水庫

南化水庫位於台南縣南化鄉曾文溪支流後堀溪上，在曾文水庫南方約 10 公里，以阿里山脈與之相隔，其水源除本身集水區外，另由高屏溪支流旗山溪的甲仙攔河堰於豐水期越域引水。南化水庫容量達 1 億 5000 萬立方公尺，為台灣公共給水單標的水庫之最大者，自民國 82 年 11 月主壩完工蓄水起，即擔任南區公共給水之吃重角色，88 年 4 月甲仙堰工通水更可使水庫經常保持滿盈狀態，提升水庫供水效益甚大。

南化水庫大壩為中央直立心層分區型滾壓式土石壩，壩體上游面坡度為 1V:3H，下游面坡度為 1V:2.5H，壩頂寬度為 10 公尺，壩頂高程 187.5 公尺，最大壩高 87.5 公尺，配合壩址條件，壩軸採圓弧形，曲率半徑 500 公尺。壩體總體積 499.1 萬立方公尺。

(3) 曾文水庫

曾文水庫位於嘉義縣之大埔鄉，壩址位於曾文溪上游之柳籐潭。曾文溪全長 138.47 公里，流域面積 1177 平方公里，為台灣第四大河川。曾文水庫為具有灌溉、公共給水（含工業用水）、發電及防洪等多目標功能之水庫。水庫計畫先後由嘉南農田水利會及台灣省水利局測量規劃，於民國 55 年 7 月成立曾文水庫建設委員會暨工程局負責興建，整個計畫歷經二年準備及六年施工，於民國 62 年 4

月開始蓄水運轉，同年 10 月 30 日完成全部工程。

曾文水庫大壩為中央不透水心牆分區填築滾壓式土石壩，水庫集水面積 481 平方公里。總蓄水量 803 百萬立方公尺，容量為台灣第一。大壩壩高 133 公尺，壩頂長 400 公尺，壩頂寬度 10 公尺，基礎最寬處為 700 公尺。壩體上游面坡度除頂部 10 公尺為 1V:2.5H 外，其餘為 1V:3H，下游面全為 1V:2.5H，總填築數量為 929 萬立方公尺。

(4) 烏山頭水庫

烏山頭水庫，舊稱烏山頭貯水池，位於台灣台南縣官田鄉烏山嶺。由於自空中往下看形如綠色珊瑚，故雅稱「珊瑚潭」。烏山頭水庫於 1920 年興建，1930 年完工，屬嘉南大圳最主要的水利工程之一，也是台灣早期的水庫系統之一，由日本的水利工程師八田與一規劃完成，興建的主要目的為嘉南平原的農作灌溉。烏山頭水庫位於曾文溪支流官田溪上游，利用台南縣官田鄉、六甲鄉、大內鄉、東山鄉間的低窪谷地為集水區，水源取自曾文溪上游大埔溪，為一離槽水庫，進水隧道穿越烏山嶺至官田溪上游，長三千多公尺，在曾文水庫完成後，取其下游水量，與曾文水庫合併共同運轉，兩者相輔相成。

烏山頭水庫大壩為半水力式土壩，水庫集水面積 60 平方公里。總蓄水量 154 百萬立方公尺。大壩壩高 56 公尺，壩頂長 1273 公尺，壩頂寬度 9 公尺。總填築數量為 1102 萬立方公尺。



照片一 陳文山教授解說泥岩地質



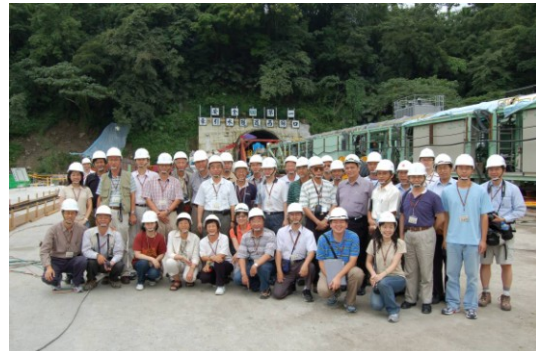
照片二 自立性良好，不需襯砌之礫岩隧道

致謝

本文承蒙陳文山教授、林銘郎教授提供豐富資料，何樹根先生、王泰典教授提供活動相關照片，方得以完成，僅在此表達謝意。此外，文中工程資訊係引用自研討會野外手冊。



照片三 研討會於寶來溫泉區



照片四 活動與會人員合照(曾文越域引水工程東隧道)



照片五 南化水庫大壩及溢洪道



照片六 曾文水庫大壩