

# 地工技術

## 編者的話

王泰典

### 主題：東部地區特殊地質地工問題

台灣位處歐亞大陸板塊與菲律賓海板塊活動的斜向聚合造山帶上，連接馬尼拉與琉球海溝島弧系統。歐亞大陸板塊上的南中國海在台灣南邊向東隱沒到菲律賓海板塊之下，形成南北向的馬尼拉海溝與呂宋島弧。呂宋島弧隨著菲律賓海板塊向西北移動，碰撞擠壓東北方的歐亞大陸邊緣，造成地殼增厚與變形而形成了台灣造山帶。菲律賓海板塊在台灣東北附近卻向北反轉隱沒到歐亞大陸板塊之下，形成東西向的琉球島弧與沖繩弧後張裂盆地，逐漸自東向西影響著台灣北部，造成山脈崩陷。由於板塊斜向聚合作用，台灣造山帶存在著時間與空間的對比關係，一系列的東西向剖面自南到北記錄著演化過程不同時間的切面，反映了碰撞前、活躍碰撞到碰撞後期不同階段的地質現象，使得台灣成為全球地質研究的天堂，包括構造地質、地層與岩石、地形與地貌等課題，如同地質作用持續旺盛般，皆有相當豐碩的成果。

板塊斜向聚合同時造成台灣持續的地殼抬升以及經常性的地震事件，再加上位處熱帶西太平洋區域邊緣，時有颱風豪雨侵襲。活躍的造山運動的同時，快速的風化作用也正在侵蝕岩土材料，因此台灣也成為了地質災害的好發區域，這些災害常是複合型式的，受到各種致災因子交互影響所致，這方面的研究近年來有相當好的產出，也推動國內建立了天然災害的防救體系。然而地質研究成果和地質災害事件似乎不應該是競合的關係，這其中存在著時間與空間尺度的差異，以及地質工作者與大地工程人員教育背景與溝通語言的問題。

區域地質尺度的調查與研究成果，因目的不同，經常無法直接套用於工程尺度滿足地工資訊的需求；而工址尺度的地質調查，受限於

經費與時程，往往難以詳細考慮區域地質條件對工程修築與維護的影響。此種差異是全球普遍性的，但是在面對天然災害的應變與處理以及基礎建設的倡議與推動時，總是交織著不同的觀點，卻也激發了地質科學與地工技術研究的部分動能。本期地工技術以台灣東部為對象，特殊的地質與地工問題為主軸，儘可能邀請長期投入相關課題研究的學者專家以及實際投入地工建設與維護作業的工程人員提供大作共襄盛舉，或多或少也存在這樣的現象，但也或許可以藉此嘗試疏理這類的問題。

本期地工技術論文大致可以分為區域地質調查與地質構造研究、公路修築與長期養護經驗回饋、以及地工特性研究與案例回顧與展望等三個部分，並依序編排彙成專輯。

區域地質調查與地質構造研究部分首先以和平溪為界，分為南北兩部報導中央山脈北部區域地質圖幅的研究成果。在「中央山脈北部和平溪以北地區的地質」一文中，作者自變質岩與變質岩層出發，特別考慮到多數土木工程人員不諳岩石分類方法，貼心地介紹了沉積岩、火成岩與變質岩分類依據的基本概念，並說明了岩性與地層單位的建構方式，繼而針對中央山脈和平溪以北地區的地層詳加介紹，最後以區域地質觀點探討此區域變質岩特性引致的一些工程相關問題，可謂圖文並茂且深入淺出。

「台灣中央山脈東翼地質區和平溪以南的地質調查與地質特性」一文彙集了此區域大量的歷史調查成果，提出了和平溪至太魯閣地區區域地質圖與剖面圖，這個區域由於岩石受到多期劇烈變形形成褶皺，不同時期形成的褶皺又相互疊加構成複雜的干涉現象，區域地質構造與地質史仍未完全釐清，國家常備的五萬分之一地質圖幅(和平)亦尚未完成測製作業，作

者們將此區域地層分為八個岩體單位依序介紹，並透過多期變形岩體的葉理位態統計與構造領域分析結果，探討本區域岩石變形與主要構造型態的關係以及對於區域地質特性以至於基礎建設的影響。

「花蓮和平地區非彈性應變回復法之現地應力量測」一文則利用變質花崗岩岩芯應力釋放產生非彈性應變的回復方法，評估花蓮和平地區的現地應力。作者群不僅介紹非彈性應變回復法的原理與量測方式，透過實驗數據分析探討結果的影響因素，並將非彈性應變回復法求得的現地應力與斷層發育的應力場解析解、震源機制解等結果相互比較。這方面的研究提出不同於傳統地質學研究的成果與觀點，對於構造地質與工程地質或許可以相輔相成，相信在短期內會有相當多的產出與深入的討論。另外，現地應力場對於地下結構物的設計、天然資源的開發與廢棄物的地下處置等皆扮演重要的角色，其重要性在國內的基礎建設與資源開發卻長期被忽略了，不僅相關的調查與研究報導相當少見，調查的設備與經驗也非常有限，期望透過此文可以喚起一些重視，逐漸建立現地應力場國內自主性的調查能力。

公路修築與長期養護經驗回饋部分則期望透過東部地區基礎建設工程案例，特別是線狀工程的長期維護經驗，針對經常性維修養護路段探討地工技術應用的情形，並提供較長時間尺度的修築、改善與養護記錄的報導，類似將整個工程視為一個全尺度的試驗以及長期監測的大計畫，這類的經驗不僅可以做為工程地質學習的活教材，也可以提供全生命週期工程建設策略面與技術面寶貴的參考。

「從中橫公路東段養護經驗探討工程地質特性對公路養護之影響」一文以我國目前受颱風影響致災風險值最高的省道公路—中橫公路為對象，以長春祠碑記文前段引出公路修築的歷史，繼而彙整公路東段近十餘年的養護記錄，據以統計公路路基災害與縱向平坦度以及上邊坡災害與雨量的相關性，最後依據不同災

害類型經常發生的路段與其工程地質特性的討論，歸納公路沿線主要的養護課題與區域地質特性、溪流以及公路所在區位的關係，探討工程地質特性對於公路養護作業的影響。

「蘇花公路修築養護的演進與其受沿線工程地質特性的影響」一文回顧了蘇花公路逾二甲子的修築史，並針對公路總局及其前身單位接管後六十餘年來公路的演進與養護成果作了詳細的報導，透過不同路段地形與地質條件、沿線的工程地質特性與地質災害的整理，可以窺見公路養護工作的艱難，而兩個代表性路段養護對策案例的探討也著實令人感受到維護道路全天候的通行真的不容易，適當地採用隧道穿越地質脆弱路段，或許是公路永續發展必需認真考慮的方向。

中橫公路與蘇花公路的修築背景存在著諸多軍事防禦目的的考量，台11線東部濱海公路的修築則是基於社經發展的需求，路線也是1960年代基於促進東部產業發展而選擇的，然而30餘年後再推動的養護與改善計畫，則面臨了產業轉型與社經需求變化引致的多元討論。

「台11線東部濱海公路北段地工特性與修築養護對策探討」一文回顧了東部濱海公路北段的修築歷程，並以1990年代後期推動的改善計畫為背景，探討數個經常性養護及以路線瓶頸路段的工程地質特性、引致的養護問題以及採用的養護對策，並探討改善計畫執行過程配合該公路的景觀路廊及遊憩據點串聯整體規劃而修正計畫目標，公路修築養護除滿足交通需求外，更朝向維護東部海岸景觀、提昇遊憩品質、降低環境與生態衝擊等方向進行，部分路段的規劃設計更細膩地表達了公路強調永續、景觀與人本的全新觀念，記錄了台灣東部公路現代化建設的重要里程碑。

地工特性研究與案例回顧與展望部分，「台灣東部硬岩破壞特性與地下開挖穩定問題」一文針對東部地區未來地下與隧道工程可能遭遇的高岩覆應力問題，前瞻性地探討了硬岩的脆性破壞特性，不僅探討了數種國內外提

出的硬岩在尖峰強度以後工程特性弱化的評估方式，並以花蓮大理岩為例比較了各種評估方法的差異性，最後以高岩覆條件下隧道開挖可能引致的圍岩破壞範圍以及變形量規模為例，說明硬岩脆性破壞對地下開挖穩定的影響，非常值得工程界未雨綢繆思考因應之道。

「變質岩邊坡爆破作業監測與分析案例探討」一文則針對東部岩體工程開挖極可能遭遇的爆破振動問題進行案例探討，依據變質岩邊坡礦場爆破作業的監測成果，探討常見的爆破振動衰減經驗公式在國內的適用性，並求得國內爆破振動地質特性參數，可以提供未來類似地質條件邊坡工程採用爆破開挖振動控制以至於爆破設計的參考。

「台9線蘇花公路改善計畫隧道課題與環境生態因應」一文報導了國內近期受到高度關切的蘇花公路山區路段改善計畫，除了說明全線隧道規劃與相關地質條件的關係，更針對南澳和平間優先設計路段有關區域地質與水文特性、環境地質與天然資源等議題進行檢討與評估，可能遭遇的特殊地質問題則彙整既有鐵公路隧道施工經驗以及此計畫地質調查所得成果，研提因應的對策。最後介紹蘇花公路改善計畫針對形塑東部觀光休閒風的景觀定位與山海線、暢還鄉的公路景觀意象主題，以及降低環境與生態衝擊的因應對策與具體作為。蘇花公路歷經逾二甲子的修築與養護以及十餘年新建或改善計畫的醞釀，著實令人期待此一景觀、安全、永續、洄瀾路的誕生。

「池上斷層在玉里地區之電阻率構造」一文則針對活動斷層進行工程目的較大尺度的地下形貌探查，池上斷層為花東縱谷最早進行監

測的活動斷層之一，經常造成公路、區域排水設施與屋舍的損壞，並且造成花東線鐵路於玉里附近跨越樂樂溪橋梁因變形量過大而改線重建、以及台9線玉里大橋異常變形影響穩定性等困難，作者群利用多條地電阻測線確定活動斷層地下形貌的探查方法與其探查成果提供公路橋梁改建與養護參考的作法，可提供類似案例的參考。

「從花東縱谷地質談花東線鐵路隧道工程」一文報導了近期推動的花東線鐵路電氣化新建工程資訊，該工程係為因應河川冲刷提高防洪安全標準以及鐵路行車安全及營運需求而辦理改善計畫，並配合花東縱谷自然景觀特色一併進行局部瓶頸路段雙軌化、路線與站場改善以及景觀綠美化等工程，兼顧了自然景觀生態、地方文化特色，同時符合東部永續發展計畫綠色運輸之交通政策目標。

本期依例收錄地工技術近期辦理的研討會討論內容，由高秋振先生整理「河川橋梁基礎及都會區新基礎問題」研討會的交流意見，在專輯主題論文之外，豐富了本期的內容。

最後，編者感謝全體作者在百忙之中撰稿共襄盛舉分享研究成果與工程經驗，審查委員們細心且嚴謹地把關以及劉曉樺小姐協助編輯與多次校稿，提昇了專輯的正確性與完整性，在此一併致上最大的謝意。同時，專輯中許多彩色圖片與照片因印製成本因素，不得不採黑白灰階方式印刷，可能降低了多篇論文的閱讀感受度，在此向作者群以及讀者致歉。所幸地工技術基金會網站提供高解析度彩色PDF檔供下載，或可稍加彌補。

刊訊(補充說明):有關地工技術130期文章，何泰源、蕭秋安、蔡立盛(2011)，台灣既有地錨之現況及改善建議之第47頁“表三 地錨檢測評估分級建議表”，敬請貴會協助於第131期出版品補充說明係參考並修正自「交通部臺灣區國道高速公路局100年5月10日技字第1000012986號函之資料」。