編者的話

陳滄江

主題：軌道系統大地工程之興建與維護

臺灣軌道建設濫觴自1887年清廷籌建約107公里的基隆-新竹間路線，至日治時代，四通八達的路網串連各鄉鎮，總長度接近5,000公里達到巔峰。而後雖因公路建設興起，軌道運輸一度失去優勢面臨虧損、停駛甚至廢棄拆除，然隨著近代都市人口聚居、公路漸趨飽和及環保意識抬頭，為因應大量且快速的旅運需求，1990年左右又開始增建新的軌道系統。特別是在人口稠密的都會區，捷運系統彷彿成為解決都會交通擁塞問題的萬靈丹，而隨著臺北捷運對臺北都會區交通環境的改善、提昇與催化進步，各地方政府莫不把捷運系統視為進步城市的象徵，當作重要建設般的爭取落腳。另一方面，百年老店-臺鐵則藉由場站活化、闢建新路網及既有路線的優化與改善，也正煥發出新的活力及風貌。全臺各地包含臺北、高雄、基隆、新北、桃園、新竹/苗栗、臺中/彰化、嘉義、臺南，乃至於屏東等，幾乎在每個市縣，軌道建設都已成為地方政府施政的重要指標，而行政院去年公佈特別預算達8,800億的前瞻基礎建設計畫中，軌道建設就佔約4,200億，更說明國內軌道建設正方興未艾，也是未來交通工程的重點。

本期內容以「軌道系統大地工程之興建與維護」為主題，透過產、官、學在內的工程先進及學者專家共同撰寫，分享包含鐵路或捷運系統建設過程中，與大地工程相關的邊坡、基礎、深開挖、建物保護、地盤改良、潛盾隧道及山岳隧道等的研究成果與工程經驗，提供工程界未來在面對類似案例時的參考及引用。此外，在國內軌道建設發展中，臺鐵已逾百年，臺北捷運建設也有30年的歷史，地工結構完成後之系統營運期，營運管理與維護或延壽，都是營運單位關心且必需處理的問題。因此，如何掌握營運中地工結構長期穩定的影響因素，及早展開系統性的安全檢測與評估，適時進行維護與延壽，亦是軌道工程極為重要的課題。故經地工技術編輯委員會研議，本期除收錄與軌道系統大地工程建設的相關論文外，亦商請具豐富研究與實務經驗的學者專家，就軌道系統大地工程結構維護管理，提供專業經驗與研究成果，以供國內工程界及系統營運單位後續辦理相關作業之借鏡與參考。本期合計收錄9篇精彩論文以饗讀者，分別簡述如下。

第一篇「竹削工法應用於邊坡基礎開挖之回饋與分享-以機場捷運DE01為例」由台灣世曦工程顧問股份有限公司呂偉哲先生等合撰。竹削工法為近年來日本所開發的技術，國內於機場捷運、中山高五楊段工程及蘇花改工程陸續採用，並獲得良好成果。本文以機場捷運DE01細設標位於林口台地卵礫石層地質工址為例，完整說明竹削工法的規劃、設計及施工。文章首先就「景觀」、「環保」、「施工」、「經濟」、「工期」及「安全」等面向，說明竹削工法具備可將開挖範圍降至最低、最大程度避免對原生地貌與環境的擾動、無須大型機械及特殊施工技術、施工成本及後續維護管理經費低，及工期較短的特色，相較於傳統邊坡保護工法有其優勢。其次，本文並就竹削工法的規劃配置考量、安全穩定分析設計及施工步驟與管理等詳細說明，最後同時說明施工可能遭遇之問題及因應對策。本文對竹削工法規劃、設計與施工的案例說明，將有助於國內工程界對此工法的了解，並可提供於高陡邊坡基礎開挖施工時的借鏡參考。

第二篇為交通部高速鐵路工程局郭林堯工程司等合撰之「近接民宅深開挖工程地中壁施工實務探討」，係以機場捷運延伸線計畫CM01區段標，位於桃園中壢市中心狹窄中正路下方，明挖覆蓋施工的橫渡線工區為例，說明於完成連續壁施工後，因涉及先行之機場捷運延伸線計畫，與後行之臺鐵桃園鐵路由原高架改地下化工程界面整合的政策調整，致使原設計之開挖深度需再加深，為避免已完成之連續壁貫入深度不足，影響後續開挖穩定及安全，經檢討於無法重新施作/補強連續壁狀況下，採於開挖區中加設地中壁，同時增加內支撐系統方式因應。初步瞭解，本文刊印時本案

地下技術

例已順利完成地下開挖，正辦理結構牆版施工，監測結果亦顯示對緊鄰的大量老舊建物影響甚微，無明顯異常狀況。工程人員面對此政策轉變，於最短時間內考量各種影響因素，研擬最適方案因應並順利完成施工，期間的努力讓人敬佩，其成果也值得後續工程於類似狀況時的參考。

第三篇「捷運松山線南京三民站深開挖設計與施工案例」為中興工程顧問股份有限公司林煒僑先生等合撰。本文係以臺北捷運松山線CG295施工標之南京三民站為例，說明深開挖工程分析、設計與建物保護考量，並以現場施工監測資料比對分析結果，回饋予未來類似工程設計及建物保護分析時的參考。目前國內軌道工程，特別是近期捷運地下工程，受限於工址環境，路線線形無可避免的均有近接民宅狀況，如何降低工程施工對建物的影響，並對其做好保護，已是軌道建設大地工程中不可或缺的一環。本文藉鄰近都會區大樓旁深開挖及建物保護工程，以實際監測值探討工程分析與工法，可提供相關經驗供工程界借鏡與參考。

第四篇「深開挖連續壁回饋分析驗證及位移路徑之應用」為亞新工程顧問股份有限公司黃南輝博士等合撰。本文承作者2012年以臺北捷運板南線善導寺站深開挖案例有關「位移路徑」的研究成果，續以松山新店線小南門站至中正紀念堂站間案例實際監測資料驗證土壤強度、開挖區寬度，連續壁厚度及鄰近地下結構物對連續壁側向位移的影響，同時納入京華城與新加坡尼誥大道深開挖案例，分別探討工法及設計/施工品質對連續壁側向位移的影響。深開挖工程連續壁體側向位移將影響壁體配筋、內支撐、鄰近地盤變位及建物保護的設計與施工，本文豐富的案例研究及資料將可提供進行深開挖連續壁設計時，作為研判分析結果及連續壁行為的有效工具。

第五篇為台灣世曦工程顧問股份有限公司邱志榮先生等合撰之「卵礫石層潛盾隧道之設計與施工回饋」，係以機場捷運位於桃園國際機場下方之CU02A施工標潛盾工程為例，分享潛盾工程於卵礫石地層中包含地質調查、設計考量、潛盾機的設計及選用，及施工管理等寶貴的設計與施工經驗，以提供越來越多於卵礫石層進行潛盾施工工程的參考。本案例因鄰近機場塔台，並自滑行道下方穿越，同時路線將遭遇前期航站施工所殘留的地錨，受限於工址上、下行隧道亦需採小轉彎半徑與近接方式處理，故其設計考量與施工均有諸多可供參考之處。特別是於卵礫石層潛盾隧道施工，攸關工進、成本及施工安全的潛盾機切刃齒(輪)及面板磨耗，本文更提供實際檢視及替換資料，未來都可做為類似案例於施工規劃及潛盾機設計選用時的重要參考。

第六篇「潛盾隧道鏡面湧水意外事故之搶救與復舊」為前臺北市政府捷運工程局朱旭副局長等合撰，係以臺北捷運板橋線CP262標潛盾隧道施工為例，說明高風險工項-到達鏡面破除的湧水意外事故發生經過、緊急搶救及後續復舊作業，並探討可能的事故發生原因。潛盾隧道破鏡作業，一向是捷運工程中的高風險工項，由於位處地下深處水壓大、地層複雜，以有限的地質調查、品質無法確保的地盤改良及無法窺得全貌的查核檢驗，即便是地盤改良試體品質檢驗合乎規範要求，其施工風險仍然很高，國內、外均不乏相關施工引致災變的案例。本文探討事故原因、過程、應變與復舊，為一完整研究有關潛盾隧道鏡面破除意外事件的論文，值得工程界，特別是相關工程設計與施工人員借鑑及引用。

第七篇為交通部鐵路改建工程局黃鳳岡處長等合撰之「東部鐵路新自強隧道之困難遭遇與突破」。花東鐵路電氣化工程新自強隧道因穿越甚為罕見的沉泥地質，容易發生崩落坍方，施作難度高，為花東鐵路電氣化計畫全線中，最艱鉅困難的工程，亦號稱為「最難挖的隧道」。本案例自可行性研究、路線評選、細部設計及施工階段，雖皆經縝密規劃，惟在遭遇沉泥層時仍發生多次抽坍擠壓變形等災變，施工進度嚴重受阻。考量國內於軟弱岩盤隧道施工經驗較少，工程團隊經參酌國外施工案例並多次邀集專家會商後，方以包含中導坑開挖、開挖面預加固、複合式灌漿及微台階降挖等工法，成功克服困難地質順利貫通。本文說明工程所遭遇之困境，並詳述最後所採取的因應對策及效益，將可為爾後類似地質條件下的地下工程設計與施工，提供重要及有價值的參考案例。

第八篇「鐵路隧道結構長期穩定影響因素探討暨維護管理準則與解說研訂(草案)初步

地工技術

應用」為臺北科技大學王泰典教授等合撰。文章中首先回顧臺灣隧道維護作業的啟蒙及發展，並彙整各文獻有關鐵路隧道常見的襯砌異狀、肇因及穩定影響因素，後續並詳細說明「鐵路隧道維護管理準則與解說(草案)」內容，以提供未來應用參考，最後並以南迴線鐵路隧道為例，說明鐵路隧道維護管理案例的應用。臺灣軌道建設隧道工程持續發展，除不斷有新建完成的隧道加入營運外，既有的隧道亦持續發揮服務功能。惟隨著時間延續，有越來越多的隧道逐步邁入維護管理期，安全檢測、評估及維修補強作業，必將成為未來政府及各軌道系統營運單位關注的議題。本文內容探討隧道結構長期穩定影響因素，並提供可行的作業準則以長期追蹤襯砌異狀變化，有利於隧道安全評估及維修補強設計，將可進一步確保隧道安全，及促進隧道永續服務的目標。

第九篇為捷峰管理顧問股份有限公司嚴崇一博士等合撰之「捷運結構設施全生命週期維護管理策略與實務整合之探討」。國內都會區地下捷運系統自1998年臺北捷運淡水線通車迄今已歷約20年，各系統營運單位除一方面接收或開闢新路線外，面對隨時間逐漸老化的既有營運中系統或結構，為維持安全及服務品質，落實維護管理作業即成為營運單位所需面對的重要課題。以臺北捷運為例，除執行日常巡檢外，並會定期對全線隧道進行全面性維護檢測，以有效掌握系統狀態，盡早發現問題及時維修。本文首先彙整國內、外文獻，說明結構設施全生命週期維護管理的類型、作業流程及回饋循環，並說明維護管理系統中所需建構的資料、內容及系統功能規劃。此外，考量捷運系統全年無休、每日營運時間長達18小時以上，可供檢測作業時間極短，實務上必須在有限時間快速及正確的取得檢測數據(含影像)方能提供後端研判分析。本文亦藉臺北捷運公司利用LiDAR技術進行隧道全斷面影像掃描，快速檢查隧道襯砌開裂程度、滲水及變形的案例，說明應用實例，相關內容均可作為未來營運單位規劃建置維護管理及決策系統時的參考。

除上述9篇論文外，本期「工程案例回顧與熱門議題報導」專欄，係由交通部鐵路改建工程局許健宏工程司等合撰，回顧東部鐵路山里隧道工程的施工概況。山里隧道為臺灣地區少見之純礫岩隧道案例，因受卑南山斷層與花東縱谷斷層影響，岩層中存在較多剪裂面，致使礫岩層原已膠結部分受到擾動而多鬆散，開挖時易掉落，隧道上半斷面開挖施工期間即曾遭遇6次抽坍。在作者圖文並茂的說明中，字裡行間也讓我們閱讀到工程人員面對複雜及困難地質下施工的艱辛，及絞盡腦汁後克服困難的喜悅。

此外，本期很榮幸邀請新北市政府捷運工程局趙紹廉局長提供贈言，新北市是國內目前辦理捷運/軌道建設最熱絡的城市，趙局長不僅是新北市政府捷運工程局的首任局長，更是新北市三環三線計畫的領航員。不論是已經通車的機場捷運，興建中的三鶯線、淡海線、安坑線、萬大線、環狀線一期，或規劃中的三鶯延伸(桃園八德)、深坑輕軌、八里輕軌、汐民線、環狀線二期…等等路線，趙局長均無役不與，深度投入。或許也因為趙局長歷任臺北市政府捷運工程局綜規處處長、交通部高速鐵路工程局副總工程司及桃園縣交通處處長等職務，對他而言，路網規劃早已跨越有形的行政區劃藩籬，整個北北桃生活圈，都已在他心裡的捷運路網宏圖中。趙局長以「站在巨人的肩膀上-穿梭於大地的捷運」為題，從上位「以人為本」的路網規劃角度出發，擘畫未來三環三線聯網後，北北桃生活圈便捷路網願景，而後細化至說明捷運/軌道工程與大地工程的密切關係，更直言大地工程是提供捷運建設長久穩定營運安全的基石。誠如趙局長所言，捷運/軌道工程是一個系統性的工程，也是一個整合性的工程，大地工程有幸在其中擔任「捷運工程之基盤」、「長久穩定營運安全的基石」，對大地工程師而言，何嘗不是如趙局長的贈言與期許一般--捷運/軌道工程立基於大地工程之上，而大地工程就是撐起捷運/軌道工程的巨人呢?

本期雜誌能順利出刊，必須特別感謝編輯顧問中興顧問公司黃崇仁副總經理、董家鈞教授，李維峰博士、中興顧問公司蘇福來協理、台灣世曦顧問公司吳文隆協理及諸多業界先進專家熱情指導與贊助。最後，更由衷感謝百忙中仍撥冗戮力，犧牲假期與休息時間完成內容豐富兼具理論與實務論文之各篇作者，及審稿者、贈言人的支持與協助，特別也要感謝地工技術基金會李碧霞副執行長及呂珮彣小姐的耐心聯繫與校稿，辛苦大家，謝謝各位~~~