

地工技術

編者的話

鄭清江

主題：地錨之應用問題與探討

地錨之應用範圍包括改善或增加邊坡穩定、基礎開挖擋土穩定、克服地下室抗浮力、水庫壩體與基座穩定、隧道開挖穩定以及其他需抵抗拉拔力之處等。而地錨因有施預力與自由段之彈性收縮作用，其對結構體之立即穩定效果，遠較無自由段或不施預力之土釘，甚或其他擋土結構物，必須待土岩發生適當變位才得以發揮作用，相較之下地錨之立即穩定效果顯然為佳。此外，地錨尚可提高對土岩地層的力學效應。故一般而言，地錨使用在高挖方邊坡及具有較深層破壞潛能邊坡之穩定功能與防制效益上，確實有其優越性，然因其所需專門知識涵蓋地盤工程、混凝土工程、金屬工程、化學工程等領域。因此實屬於一複雜的技術系統綜合體，雖其施工所需之工藝技術看似簡單，惟其功能若欲正確圓滿的發揮，則除設計專業顧問外，施工業者亦需要求確實了解其專門知識及技術。國內引進地錨使用至今雖已達40年，而第一版國內之地錨設計與施工規範自從民國83年出版至今已近20年，其間雖歷經二次再版與更新，內容已大致完整，惟業界於設計施工上累積許多之問題一直尚未彙集共識研商解決，尤其對照日本的發展歷程，台灣在防蝕耐久性工法與材料的開發與認證制度，乃至完工後長期的檢測與維護管理上，可說是遠遠落後。加上近年來陸續發生數起與地錨有關之重大邊坡災害，例如民國86年汐止林肯大郡之順向坡坍塌地錨嚴重破壞，導致慘重人命傷亡之災變；以及去年民國99年4月發生於國道3號大規模之坍方事件，造成重大傷亡及高速公路汐止路段交通中斷等案例。後者經由國道與公路單位對道路邊坡地錨全面性檢測結果，業界已普遍共識到地錨防蝕、檢測及維修保養之重要性，故此刻應為國內地錨工程發展邁入下一階段的重要時機。

為此，地工技術本期專輯即以「地錨之應用問題與探討」為題，邀集國內從事地錨相關設計、施工之產業界與學術界等專業人士，針對地錨設計、施工、維護管理、工法規範及國外新技術等應用問題作專輯探討，期能拋磚引玉，有效促使國內地錨工法應用技術水準向上提昇，並廣泛應用於整體國土保育及環境防災工作上。本專輯共收錄八篇地錨相關論文，內容涵蓋完整的地錨議題，包含許多案例探討、問題分析、對策與建議，以及國內外規範之比較，新地錨技術工法等資料，非常值得閱讀參考，以下逐一概略介紹。

第一篇由台灣科技大學廖洪鈞教授等人，談「台灣北部地錨邊坡之破壞態樣與處理對策」，本文從台灣北部之地錨和地錨邊坡破壞案例中，歸納出其破壞原因和態樣，並建議適當的維護檢測和劣化處理對策。包括林肯大郡地錨邊坡滑動、台灣科技大學基隆校區邊坡，以及2008年鳳凰颱風導致高速公路發生地錨邊坡破壞案例。從地質問題到設計與施工問題，探討地錨邊坡破壞原因。歸納常見地錨破壞態樣及提出改善方式，包含錨頭/鋼絞線銹蝕、錨頭脫落、鋼絞線斷裂等。最後並介紹地錨銹蝕和預力喪失之儀器檢測方法，詳細說明電阻量測原理與方法、揚起試驗及新發展的磁致伸縮檢測系統等。廖教授一直以來就從事地錨相關之研究，也是國內第一版地錨與設計施工規範之起草者，算是國內對地錨最深入研究的一位專家學者。因此本文內容對北部地錨問題的探討既深入又精采，尤其文中介紹日本新發展的磁致伸縮檢測法，可增進讀者掌握國際最新的地錨技術發展情況，甚為值得閱讀。

第二篇「國內永久性地錨性能影響因素分析與建議及案例彙整」，由本人與國內地錨專業廠商等數人共同撰寫。本文透過不同案例歸納出環境侵蝕因素與地質狀況對地錨成效之影

響、防蝕作法之選擇以及永久性地錨施工問題，並分別探討設計與施工所影響地錨成效的問題點。文中列舉六項於現地檢測施工時，獲知影響地錨成效較為顯著的問題加以說明及探討，包括：地錨灌漿問題、錨頭夾片問題、地錨折角問題、預埋管問題、地錨滲水問題、地錨無預力現象等。同時文中也透過案例說明不同之永久性地錨施工問題可行之處理作法，以及探討防蝕作法之選擇與必要措施，提出自由段灌漿與自由段至錨頭防蝕之改善建議，最後並列述本文所蒐集統計的地錨檢測初步結果，可供往後地錨設計、施工及檢測人員參考。

第三篇由富國技術工程股份有限公司何樹根總工程師等人所撰寫，題目為「台灣現存地錨常見的問題」，文中整理現存地錨在調查、設計、施工及維護各方面經常被發現的問題，供檢討改善的參考。包括現存地錨的銹蝕問題、預力損失與增加問題、錨頭鋼腱折角問題、錨座問題及高傾角地錨等。另外對於調查、設計、施工與維護階段常見之問題，均逐一作系統性的整理探討，有助於工程界對地錨各類問題的釐清、歸類與防治參考。

第四篇「台灣既有地錨之現況及改善建議」，由台灣世曦工程顧問股份有限公司何泰源協理等人所撰寫，本文就既有地錨現況功能檢測項目及流程、檢測方法及頻率等進行介紹；並蒐集台灣西部地區16處邊坡之既有地錨檢測結果進行詳細統計分析，檢測結果分成四級，並提出既有地錨之自由段與錨頭之防蝕缺失及預力損失(或增加)之改善建議；最後則談到永久性地錨之最新發展概念。內容豐富、簡潔、精采又具體，非常值得閱讀參考。

第五篇「國外永久性預力地錨工法規範沿革與維護管理作法之借鏡」，由台灣大學土木系林銘郎教授等人所撰寫，本文將各國永久性地錨規範演進作了非常詳盡的比較敘述，包括歐美、日本及台灣等，並從有關地錨歷史災害發生與規範及防蝕變革的時空關係作對照說明。文中對於國外重要的防蝕保護設計規定與如何確保耐久性之作法有詳細的整理，並在防

蝕材料如防鏽油、合成樹脂與連續纖維補強工法等均作了闡述。此外特別針對各國地錨維護管理的作法，以及台灣既有地錨維護管理作法作了深入比較探討與建議。作者以日本地錨發展脈絡與香港對地錨使用的嚴謹規範，檢視國內現有地錨問題與維護管理現況，提出憂慮的看法與具體建議，呼籲業主(或權責管理單位)與設計單位應對現有使用中之舊式地錨儘速通盤檢討，並期望能建立一套系統性之檢測維護制度，從初期的地錨問題目視檢測，到進階性的地錨檢測，以及採取必要的補強措施，以循序漸進的方式來維護既有地錨邊坡之安全。

第六篇由中興工程顧問股份有限公司黃崇仁經理等人所共同執筆，題目為「永久性預力地錨設計之改善建議」，本文參考國內相關地錨工程案例，由設計觀點重點回顧以往永久性預力地錨之設計理念與規範，並參考近年來相關發展，綜合整理後提出設計上可改善之詳細建議及須再深入探討之課題，並提議修正地錨之設計流程，建議納入地錨試驗、維護檢測計畫、地錨構造、地錨變形之影響等。

第七篇由青山工程顧問有限公司廖瑞堂總經理等人所撰寫，談「預力地錨維護管理制度建構芻議」，文中指出民國99年國道3號3.1k順向坡災變的發生，凸顯了長久以來台灣既有預力地錨缺乏維護管理的問題。日本從1990年起，已開始全面使用新型永久性預力地錨，並建立了良好的維護管理制度，其經驗足供我國借鏡參考。本文即從國內既有預力地錨現存的異常問題切入探討，將日本在地錨維護管理方面的重要精華，融入國內既有的公路養護機制，藉以提出若干的建議及看法，並嘗試研擬後續地錨維護管理制度的初步構想。青山工程顧問有限公司在廖博士帶領下，長期從事坡地與基礎的工作，本文由其實務案例所累積之經驗，並引入國外參考作法，提出有關今後地錨維護管理制度之具體建議，相當值得參閱。尤其在地錨的檢查、功能檢測及分級研判標準、補強及改善對策上等，均作了甚為完整的整理與探討。

第八篇「國內地錨施工演進與國外新技術之應用」，由本人與日商立達大地工程股份有限公司台灣分公司中島 伴先生與陳杰森先生等數人共同撰寫。本文擬由國內地錨發展演進與國外對照，另由國內地錨所遭遇到的問題，探討如何藉由國內外新材料與新技術之應用，為地錨之後續發展鋪陳可行之道。內容分別介紹環氧塗層鋼絞線、碳纖維抗張材、合成樹脂水泥漿、特殊地層地錨施工法等。從日本地錨的發展過程，筆者認為新材料與新工法的開發，將是國內地錨當前所需面臨的課題，尤其在地錨產製過程中，如何增加工廠嚴密品管下的元件防蝕製作，而減少依賴現場施工來達成長期防蝕保護的功能，為大方向原則性的改變，內容可供國內地錨之後續發展提供參考。

除以上八篇地錨專文外，本專輯也特別邀請第一篇主要作者，台灣科技大學副校長洪鈞教授為本專輯贈言，廖教授是國內從事地錨研究工作的先驅者，並曾擁有多項地錨專利，可說是國內對地錨之研究和實務經驗最豐富的專家學者。他從民國60年代地錨引入國內開始談起，敘述地錨在國內的應用歷程與工程發展及重大災害事件，同時對照世界地錨工程技術的演進，為地錨在國內整體應用的問題下了完整的注解，並認為今後正是地錨在國內新的契機。

除專輯論文外，本期內容循例另安排三個專欄。其中地工小百科專欄，本期由潘國樑博士談「以古鑑今～為小林埋村事件抽絲剝繭」，小林村事件為大自然所給予我們慘痛的教訓，潘博士於本專欄中透過衛星影像重新檢視小林村坍塌埋沒之可能機制過程，研判可能與古地滑或古土石流有關，並提出古深層滑動清查的重要性。

本期薪傳專欄由台灣世曦工程顧問股份有限公司吳文隆經理以「技通臺日地 藝精中西工」為題，介紹地工界前輩趙基盛先生，趙先生為前中華顧問工程司副總經理，早年赴日留學及工作，後因國內建設需要，乃毅然返國投入建設行列，曾獲中國工程師學會優秀青年工

程師獎。本文介紹其求學、工作與多采多姿的退休生活，並引述給青年工程師的建議，頗為值得閱讀參考。

工程地質研討會專欄，本期由富國技術工程股份有限公司高秋振經理，報導參與基隆嶼與和平島戶外工程地質研討會之活動經過與內容，這是一場結合地質景觀與海洋文化的知性之旅，報導文中除對此壯麗的火山島相關地質作解說外，並附上高品質的精彩彩色地質、生態與風景照片，讓參與者留下充實而美麗的回憶，而無法實際參與者，閱讀後也可體會其中的知性文化與樂趣。

誠如廖教授於贈言中所提，現階段正是地錨在國內發展的新契機。在歷經幾起重大災害的檢討後，業界已普遍共識到國內地錨在防蝕、檢測及維修保養之重要性。由於地錨的防蝕功能需通過嚴密之試驗檢測系統，國內目前在此方面仍有待建立，此需要結合材料製造商、施工廠商、設計顧問公司、業主、學術界與主管機關等多方面共同的努力，從規範、研究、技術等整體環境的營造，以及施工技術管控、人員訓練、完工後長期檢測與維護管理等的提升，方能達到確保地錨長期使用上之性能與安全，期望本專輯內容能發揮拋磚引玉之效，為國內地錨之後續發展凝聚共識與激發動能。

本期得以順利出刊，編者衷心感謝所有作者無私的奉獻，提供寶貴的文稿內容，同時也感謝所有參與審稿委員提供之意見，讓文章內容更臻完善可讀。另本專輯編輯期間，感謝臺灣世曦工程顧問股份有限公司同意將永久性地錨設計、施工及維護管理之研討彙編研發計畫，部分內容改寫成本專輯文章。最後，編者學識經驗有限，若編印尚有疏漏之處，敬祈讀者見諒。