

地工技術



編者的話

李振誥

主題：地盤沉陷與淹水

台灣在水文特性上受地形與氣候影響、乾濕季分明，降雨時空分配不均，使得台灣面對水資源問題充滿挑戰性。自1960年代起，台灣部分地區地下水超抽，地下水資源過度使用，導致嚴重地層下陷，引致房舍倒塌毀損、海堤與公共維生管線損壞、海水倒灌、土壤鹽化等災害。歸究地層下陷的原因，乃土地與產業利用型態改變，發展養殖漁業抽取地下水，工業區設立，造成用水量激增，過度抽用地下水，使原本充滿水溶液的未固結地層孔隙，因地下水流失太快，補注不及而喪失了支撐作用，地層有效應力增加，引起地層壓實作用，致使土壤沉陷發生，此種地層下陷產生警訊是台灣國土保育之重要課題。

早期台灣地層下陷，除台北地區外，主要以屏東縣林邊、佳冬沿海地區最為嚴重，其後西南沿海包括彰化、雲林、嘉義等地區亦陸續出現相同問題，影響面積曾超過2,000平方公里。近年彰雲地區下陷錐逐漸向內陸位移，台灣高速鐵路經過濁水溪沖積扇區域，在雲林縣剛好穿越嚴重的地層下陷區，此區域為巨厚的沖積土層所構成，且存在東西向台78線快速道路路堤重量以及高鐵墩柱之載重，其對壓密深層土層引起地表下陷量亦多有貢獻，致有可能影響高速鐵路正常營運疑慮。

欲瞭解地下水抽取造成之地層下陷或高鐵沿線靜態荷重及高鐵行進振動造成墩柱壓密沈陷等現象，一般可經由觀測井(站)資料與蒐集地區鑽探取樣之土壤物理化學參數資料、地下水位動態變化、工程結構物與墩柱荷重或鄰近開發填土區之荷載資料及高鐵行進振動等相關調查資料，以科學數據進行分析，配合建置數學或數值模式進行模擬，以資預測

推求主要壓密及次要壓密下陷量，或評估下陷嚴重路段之地層應力變化及下陷量潛勢，或建立動態模擬分析數值模式模型，探討可能的振動影響程度等，以提供地層下陷防治執行參考依據。

嚴重地層下陷地區之地勢大多原屬於低窪地區，如逢持續性豪大雨，經常發生海水倒灌嚴重淹水，且此區域產業經濟條件，常因環境之限制，產業發展頗為困難。為能促進水土資源合理永續利用，減緩地層下陷及其可能造成的淹水等對社會、經濟與重大工程建設造成的影響，政府過去已陸續推動相關防治方案及專案行動計畫，來減緩甚至遏止地層持續下陷，確保高鐵行車安全並恢復地層下陷地區生機。

本期之主題為「地盤沉陷與淹水」，共有八篇論文內容，首先從台灣地層下陷之成因、行為與機制等談起，包括地層壓密特性對地層下陷、抽取地下水對地層下陷、以及地下水位變化、靜態荷重及高鐵振動三者互制對地層下陷之影響，最後，從地層下陷區引起淹水情勢談起，包括地層下陷區對淹水潛勢之影響及改善措施、沿海地層下陷魚塢養殖區之排洪特性、以及地層下陷區排水整治及地工設計條件探討等，另外，本期亦提供一篇有關應用節能樁進行地層散熱之地工技術論文，以供參閱。

本期論文第一篇為工研院綠能與環境研究所研究員柳志錫與杜富麗兩位所發表「台灣地區地層下陷之行為與機制」，由於台灣西南部平原區為屬多含水層地質系統，受抽水而引發地層下陷之潛能高，近十年以50~250公尺深度範圍之含水層受超抽情形最嚴重，且歷經二、三十年以上長期壓密過程，導致部分土層在近幾年呈現彈性或彈塑性變形，雖然地層下陷情形已趨緩，但地層之含水功能也已受影

響。本文以土壤力學之壓縮理論為基礎，分析探討台灣西部沿海包括彰化、雲林、嘉義、屏東等嚴重地層下陷區之地層受壓行為，透過地層下陷區之地層下陷監測井與地下水位觀測井所量測之資料，評估地層壓縮與地下水位變化之互制特性，藉以瞭解這些地層下陷區之地層下陷與力學機制，以協助政府擬訂有效之防治對策。

本期論文第二篇為國立成功大學水工試驗所丁崇峯博士等人合撰之「地層下陷成因探討與對策研議機制」，台灣地層下陷問題依發生區位可為早期發生地層下陷的沿海地區問題與內陸下陷問題兩類。本文運用多元資料整合、調查及推理論證，以產出並轉換為策略訂定所需資訊，並具體落實在現象解析及問題描述、問題歸納與釐清，以及對策評估訂定，包括解決措施、可能效益評估，以及成效追蹤及滾動檢討等工作步驟，來說明現階段對於地層下陷敏感或關注之地區，有關訂定地層下陷防治策略之專案行動計畫分析作業流程與擬定工作步驟，文中以高鐵雲林路段沿線3公里範圍內公有合法水井封移實施計畫為例，說明地層下陷防治措施研議與成效追蹤機制經驗。

本期論文第三篇為成功大學林宏明博士等人合撰之「雲林土庫地區高鐵與公路路堤交會處之地層下陷特性初探」，本文收集雲林土庫地區高鐵與台78線快速道路交會處之地層鑽探資料以及鑽取自深部地層的不擾動試樣進行大上載應力之壓密試驗資料，並模擬在地表下深層之載重條件下探討土層的壓密特性，另外以公路路堤重量、高鐵墩柱的承受載重為基礎，探討各項荷重對交會處附近地表下300m以內各土層中所引起的應力增量以及所產生的土層壓縮、壓密情形，以提供作為處理高鐵差異沈陷以及其所引發的問題時，有所參考。

本期論文第四篇為臺灣大學水工試驗所林文勝博士等人合撰之「地下水位變化、靜態荷重及高鐵行進振動引致地層下陷之差異

性」，該文分析地下水抽取、高鐵工程構造物靜態荷載及高速列車行駛振動之動態荷載三種因素對高鐵沿線地層下陷影響，分別運用INTERBED模式及「黏土層間脫水理論」模式來推求地下水位變化引致之主要及次要壓密下陷量。運用Boussinesq垂向應力增量及Terzaghi壓密理論評估靜態荷重造成之地層應力變化及下陷量潛勢。並建立動態分析數值模式模型分析高鐵行進振動可能誘發地層下陷。文中指出高鐵雲林沿線下陷嚴重之土庫地區，自民國2004至2010年間超抽地下水造成之累積下陷量可達40cm。至2012年，土庫地區因高鐵與78號快速道路跨交處工程及鄰近路堤填土之工程結構物荷重於土庫台78號快速道路跨交處之最大下陷量為1.60至6.68cm。高鐵行進振動引致之地層應力增量對地層下陷而言，應可忽略不予考慮。

本期論文第五篇為國立成功大學資源工程學系教授徐國錦等人合撰之「雲林地區公共給水抽取地下水與地層下陷成因研究」，針對雲林地區為案例，探討雲林地區公共用水抽取地下水對地層下陷影響程度及其他可能因素之競合關係，研究過程採用美國地質調查所(USGS)所發展之地下水流模擬程式MODFLOW進行數值模擬，為克服地下水文參數、地層壓密參數及完整現場實測資料之不足行，於水文地質數值模擬過程，使用地下水位觀測資料率定及驗證地下水流模式，地層下陷模式亦結合現地調查量測搭配數值模擬計算，地層下陷模式採用Terzaghi壓密理論之一維壓密控制方程式來進行，經以率定所得之地下水抽補條件為基準，以濁水溪沖積扇第一至第四含水層之各含水層獨立減抽共四個減抽設計方案，提供該區減抽公共用水地下水之可行方案及其可能之改善效益，本文有助於提供安全取水與地層下陷防治之整體解決方案，減緩雲林地區之地層下陷災害，以達成地下水資源永續利用之目標。

本期論文第六篇為臺灣大學氣候天氣災

害研究中心張向寬博士等人合撰之「沿海地層下陷魚塭養殖區之排洪特性探討」，由於台灣西南沿海在暴雨來臨時，常因重力排水不良，加上魚塭抽排水造成排水幹線溢堤而淹水，為掌握魚塭區域排洪特性，文中以嘉義縣義竹鄉後鎮大排為研究區域案例，應用暴雨水流經理模式(SWMM)進行該區域水理演算，並以莫拉克颱風(2009/8)實測水位進行模式校驗，探討魚塭若能於降雨前先進行抽排以降低魚塭池水位，增加整體滯洪儲水空間，以有效容納降雨，並減少魚塭抽排至排水幹線之水量，進而防止進入排水幹線之水量超過其負荷而溢淹。此成果可提供河川管理單位制訂沿海地層下陷魚塭養殖區，在颱風暴雨來臨時，魚塭與區排聯合抽排之應變操作規則。

本期論文第七篇為巨廷工程顧問公司總經理宋長虹博士等人合撰之「嚴重地層下陷區排水整治及地工設計條件探討」，由於嚴重地層下陷地區環境條件大多處於低窪劣化之區位，區域產業經濟環境條件本已存在諸多限制，產業發展頗為困難。因此，有關嚴重地層下陷地區排水整治，除衡酌集水區水文環境條件及降雨逕流特性外，另應考量地層下陷成因及其引致之地質環境變化對設計條件給定之影響，因地制宜，從國土復育整理規劃角度著手，以綜合治水思維面對不同管理層級與計畫措施尺度，透過工程措施，包括防洪、排水、禦潮及設置截流設施等措施，與非工程措施，包括建立洪災預警機制及緊急救援體系等措施，以降低淹水造成之傷害，改善嚴重地層下陷地區水患問題。本文從國土復育整體規劃之觀點，探討嚴重地層下陷地區排水整原則及具體作法，並衡酌地層下陷之土層壓密作用對防洪設施保護標準及基樁承载力影響之因應方式，加以說明，文中亦藉屏東縣林邊地區之案例來說明，以闡述本文排水整治之思維。

本期論文第八篇為國立成功大學水利及海洋工程學系蔡長泰教授等人合撰之「地層下陷對淹水潛勢之影響及改善措施探討」，本文

以雲林縣為案例，應用地文性淹排水模式及暴潮預報模式，建立地層下陷區淹水潛勢演算法，研究地層下陷對淹水潛勢的影響，據以比較分析評估改善措施的效果，作為定案決策及改進之參考，文中指出魚塭區變更為溼地兼滯洪區可比填平為自然保護區更具改善效果，但若利用河流、排水路、埤池水庫之浚泥作為填方料源，可兼具維護環境及淤泥資源化利用效益，顯示本演算法可有效提供決策資訊，可推動改善地層下陷區淹水潛勢，建議以多目標計畫之角度研定改善措施，以提升國土環境品質為政府重要施政。

本期論文第九篇為國立臺灣科技大學營建工程系廖洪鈞教授與魏哲立先生合撰之「以節能樁進行空調系統地層散熱之成效評估」，本文利用貫入地中之封閉式循環水管來模擬節能樁，並進行冷氣機空調系統地層散熱之試驗，評估熱交換情形，並建議適當之冷氣機開機和關機運作模式。文中藉由循環水在熱交換過程中之溫升和溫降行為，來評估節能樁在該地層之散熱能力。成果指出，試驗初期之冷氣機排熱，節能樁之循環水溫則是以接近線性的速率快速上升，當關閉系統所有運轉設備之後，地層散熱速率則是以先快後慢之非線性速率下降。文中亦利用現地試驗結果與TEMP/W地熱分析程式，逆算推估台北地下水水位下之松山層和景美層平均熱傳導係數，同時，利用所求得之地層熱傳導係數，再應用TEMP/W模擬，分析於不同冷房能力冷氣機下之地層散熱情形與運轉模式設計，此文深具地工技術發生之節能概念。

最後，編者感謝鍾毓東先生給予本期贈言，亦感謝本期諸位作者盛情提供精彩文稿，還有多位熱心專家學者義務協助審稿、校對、編輯使本期地工技術專輯能夠內容豐富順利出刊，於此一併感謝。