

地工技術

編者的話

陳逸駿

主題：水利設施之興建

水為生命的泉源，人類需依水而居，因此人類文明的發展常與河流有著密切的關係，如埃及的尼羅河、中國的長江及黃河、東南亞的湄公河、及臺灣的各主要河川等皆是如此。但因每個季節之雨水量多寡至目前的科技尚非為人類所能完全掌控，而受自然環境與氣候變遷因素影響甚鉅，使得水資源調配與管理更加困難，旱災及水患即應運而生，帶給人類重大的災難。

如何管理水資源一直為人類所必須面對之重大課題，如我們在小學時所讀到的大禹治水，可知人類至少在四千多年前即開始與水搏鬥。但發展至今，人類在處理水之問題上似乎沒有佔絕對的上風，以近年全球許多國家均遭水患肆虐即可看出端倪，如2002年歐洲大洪水，造成嚴重損失；2005年美國卡崔娜颶風(Hurricane Katrina)，橫掃美國東南五州，造成美國建國以來最大天災；2007年英國的英格蘭和威爾斯兩地於6月至7月發生近百年來最嚴重的水災；同年澳洲卻發生百年來最嚴重的乾旱，造成棉花生產量減少六成以上。

臺灣受極端氣候影響之災情亦不遑多讓，例如近年侵臺颱風的強度有增強的趨勢，河川流量方面也出現「豐愈豐、枯愈枯」的現象。民國90年潭美、桃芝與納莉颱風重創臺灣，其中納莉颱風更首次造成台北捷運板南線及淡水線各地下站區嚴重淹水；民國91年發生嚴重乾旱；民國93年敏督利颱風與72水災造成中部嚴重災情；民國94~95年梅雨季所帶來的降雨量破近20年的紀錄；民國97年卡玫基颱風襲臺，臺灣新竹以南各地區皆降下豪大雨，台中縣大坑雨量站連續5小時之降雨強度皆超過100毫米，導致新竹苗栗以南各縣市發生淹水、土石流、坡地崩塌、橋樑沖毀等嚴重災情；民國98年莫拉克颱風是臺灣地

區近五十年來造成災害最嚴重的一個颱風，受災地區之廣，自濁水溪以南，無一倖免，估計災民達六十萬人，這場颱風更奪走七百餘條人命；今年的高雄919水災及宜蘭的1021水災亦皆造成重大的財物損失。

雖然人類科技發展日新月異，但仍因水患而災難頻傳，由此可知人類科技的進步仍遠不如氣候快速變遷及環境資源大量開發所造成之衝擊。如何管理水資源更成為大地、水利及土木等相關工程人員未來所亟需面對的重要課題，且以目前情況來看，面對極端氣候的挑戰仍有相當長遠的路要走，甚至似乎看不到盡頭。

臺灣的地形及地理位置均較為特殊，對於水資源問題的敏感度更高，臺灣近年所發生之水災害可概略歸納為如下之原因：(1) 臺灣地勢陡峻、河川湍急，降雨時空分佈不均，集流時間短，低窪地區容易積淹。另臺灣水庫之容量小，集中降雨常造成上游沖刷劇烈，下游淤積嚴重，加速水庫蓄水功能降低。(2) 臺灣易淹水低窪地區總面積大，集中於縣(市)管之河川、區域排水、事業海堤等尚未完成改善或地層下陷等地區。(3) 臺灣西南沿海地區，因長期超抽地下水導致地層下陷及土地鹽化，排水不易，颱風豪雨常造成嚴重淹水，若適逢滿潮，則易引發海水倒灌。(4) 近年來因為都市迅速擴張，工商業蓬勃發展，土地超限利用，人民與河、海爭地，造成洪澇與海岸溢淹災害不斷。(5) 欠缺完整的國土規劃，河川流域管理之權責單位繁多，銜接界面複雜，難以有效的進行整體治理。(6) 環保意識持續高漲，使得水資源開發日益困難，水資源供需問題日益惡化。

另因臺灣的地質構造及地層均相當的年輕，使地質構造複雜而地層形成年淺質弱，這對水利工程的興建基本上相當不利，此困難的地質因素亦為臺灣水資源規劃及水利工程執行所必需

克服的課題。尤其臺灣水資源中最最重要的水庫幾乎均座落於西部麓山地質區，該地質區的主要特性為激烈的地質褶皺、斷層變形作用、與地殼變動頻繁，這些自然之地質因素更不利於水庫工程的興建。

面對如此嚴峻的挑戰，從事大地、水利及土木工程人員沒有怯場的權利，而是要勇於面對並提出解決之道。國內主管水利設施之機構主要以水利署、各河川局及各地區之水利會為主，其工作內容包括灌溉工程、河川及海堤工程、排水工程、水資源開發、與災害防治等主要工作，主要之水利設施計有水庫、引水、排水整治、水資源開發、水患治理等工程之興建與維護。過去臺灣之水資源政策主要以興建水庫或大型水資源設施為主，近年來水資源基本策略已修正為以調度管理為優先；改善現有設施、加強現有資源之使用效率以及興建小型攔河堰以改善川流取水為其次；最後不得已已在對環境生態衝擊最小之情況下，考慮中大型水庫之興建。而大地工程人員對於水利設施的興建扮演著重要的角色，從工址選擇、可行性研究評估、地質調查、規劃設計、施工興建、至完工後的安全維護管理與監測分析等皆是。

有鑑於此，地工技術本期特邀近年國內大地工程界與「水利設施之興建」有關之產官學文章九篇收錄於本專輯，各篇文章以能包含與地工技術相關之不同特色為主。專輯內容豐富，計含蓄水建造物、攔河堰、越域引水、水庫大壩、水力發電、集水井等與水利設施相關之工程。而依水利工程之全生命週期而言，計有設計準則研擬、地質調查、規劃設計、施工議題探討、工法應用、監測分析、安全管理、淤泥處置、及因環境變遷引致之工程課題探討等，涵蓋規劃設計階段、施工階段、及完工後之維護管理階段等文章，為一相當完整之專輯。

規劃設計階段為工程之最起始工作，常影響工程方向是否正確之重要階段。本專輯有三篇屬於規劃設計階段之文章，如吳演聲等人（蓄水建造物設計基準與安全管理之發展）主要介紹蓄

水建造物設計之基本要求與條件、安全管理之法規及風險分析方法，並特別介紹風險分析方法FMECA之內涵與應用；謝世傑等人之文章（大型攔河堰下游沖刷之地質因素探討—以集集攔河堰為例）從探討河道地質、河床質分佈變化、河道流況、流路特性與沖淤特性，評估攔河堰下游河道護甲層流失及沖刷行為包含攔河堰營運初期之局部沖刷、921地震之效應、初鄉斷層帶破碎岩盤等因素，並說明防制措施初步已達到局步穩固河槽及減緩繼續溯源等成效；謝世傑等人（湖山水庫大壩工程規劃設計主要課題與對策）則在考慮環境保護需求、地震因素、及壩基軟岩地盤等課題下，如何規劃設計大壩工程能同時兼顧安全、環保與經濟，並建議塑性混凝土可設計為低強度高變形性材料，作為大壩基礎截水牆，以及於不易作灌漿處理之軟岩的最適當阻水設施。

施工階段為執行規劃設計者之概念所完成之工作，常需克服理想與實際之間有所差異而產生的困難。本專輯亦包括四篇屬於施工階段之文章，楊偉甫等人（曾文水庫越域引水工程於莫拉克颱風後所面臨之課題）說明曾文越引計畫因受莫拉克颱風重創，考量老濃溪主河道變動及近期無合適地點可供佈設引水工程，於隧道復建之前應先辦理山崩土石流及河道變遷調查監測；賴伯勳等人之文章（石門水庫分層取水工程 - 施工中遭遇異常湧水處理概要）介紹取水工程在水庫營運狀態下進行，於不同地質條件下分別運用充填法及固結法之地盤改良工法克服湧水的問題；李慶龍及黃偉光（萬松水力發電工程進水口及濁水溪段隧道施工探討）以松林分廠頭水隧道過濁水溪段之灌漿開挖及前池帽蓋工法之案例，說明施工可能遭遇之施工風險及因應對策；楊明風等人（預鑄鋼筋混凝土集水井之應用）之案例說明應用預鑄鋼筋混凝土環片於集水井之設計方法，及其克服地下水與軟弱地質條件之優點。

完工後之監測及維護為確保結構物在安全正常下運作及增長服務年限之重要工作，本專輯包括二篇屬於此方面之文章。林志平等人之文章（新山水庫滲漏調查與機制探討）以監測結果及

多種非破壞性調查方法，探討新山水庫加高完成後壩面異常滲水之機制及其可能滲漏路徑，並建議後續之浸潤線位置、數值模擬、增設水位觀測井、及補充調查等；劉弘祥等人（石門水庫淤泥多元化處置方案評估規劃）之文章則介紹以高效率之脫水技術，使抽出石門水庫之淤泥直接脫水，以利減積、後續清運及再利用，及建議未來石門水庫13座沉澱池可規劃為淤泥利用處理專區。

人類經歷數千年持續無休止的水利工作，似乎仍無法解決水的問題，未來的挑戰可能更為嚴峻。單以目前所需面對氣候變遷、海平面上升、氣候及降雨情況改變、及極端降雨事件頻率增加等均對水利工程產生極大的衝擊。對大地工程參與者面對如此重大挑戰，除秉持過去累積的經驗外，更要進一步思考應變之道，如下列三點所列舉之事項：

1.設計基準檢討：因應極端氣候所造成降雨型態改變與豪雨強度增加，相關的設計準則與規範實有必要配合修訂。

2.安全管理檢討：降雨強度增加，降雨時間延長，所使用分析之安全管理值需配合調整，方能於災害發生前，採取更有效、更及時的因應對策。並事先建構完整之減災、避災及救災管理體系，提升災害緊急應變能力。

3.善用最新科技：隨時應用最新科技於水利工程之相關設施，以增加設計及監測結果之精準度及可靠性。

以前人們總以「人定勝天」的觀念不斷地對大地進行各種人為的開發與建設，而由目前動輒產生天然災害之結果，已漸漸證實此觀念若不修正，最後人類終將遭大地反撲，不敵大地的力量。因此水利工程之興建亦必需考慮環境生態因素，朝因勢利導、與大地共生為最佳的策略，使建設與大地生存之間取得最適當的平衡點，方能永續發展。