

地工技術



編者的話

徐明志

主題：文化建設與大地工程

鑑於國人文化素養提昇及對藝術活動需求，及促進藝文展演與國際接軌、交流等目標，近年來政府之文化政策已逐漸從單純補助藝文工作者和舉辦展演活動，擴展到文化空間設施的興建與營運。因此，於全台各地規劃興建國際藝術文化展演場所，以利民眾可以就近觀賞或參觀國際級的表演及藝術品，為國內近十餘年來之文化公共建設重點。

本期專題名稱為「文化建設與大地工程」，於接受專輯主編任務、構思整體架構及方向後，個人認為內容需涵蓋「文化建設」與「地工技術」兩個面相：

1. 著眼「文化建設」之意涵，各篇文章內容應適度闡述建築設計之背景、理念，導引本刊讀者深入領略文化建築中之意象與藝術內涵；並介紹配合特殊造型建築所衍生之上部結構系統，及其與基礎系統之關連性。

2. 「地工技術」為基金會及本期刊之宗旨，各技術論文所必需呈現的基本要素。

然經檢視國內近年完成或興建中之知名文化公共建設後發現，部份由國內外知名建築師所設計之指標性案例，雖然其建築造型及上部結構均屬國際水準之巔峰作品，但作為上部構造支承功能之基礎系統或開挖施工規劃，對地工人而言，則相對沒有太多驚豔之處。

基於前述考量及限制，最後決定以具地標性之文化建設為邀稿對象，原則上各篇文章先以適量之篇幅介紹建築及結構系統特色，然後再根據各建物之特性擇取重要主題，探討「地工技術」相關之規劃、設計或施工內容；但倘案例中之基礎構造及開挖工法相對單純，或設計規劃階段對大地工程相關內容著墨即較少，則就所能獲取之資料，介紹基礎構造型式與相關設計考量，及與上部結構之關連性，用以彰顯及紀錄地工技術於文化建設中之功能及角色。

此外，文化遺產為過去人類生存與生活需求所留存下來的產物，能反映出當時的文化背景與時代意義，為現在與過去歷史發展聯繫的重要媒介，保存古蹟即在保存與延續自身的文化，傳承族群之集體記憶與認同感。除了富麗堂皇之宮殿、廟宇，鄉野間之城牆、城門、砲台、遺址等各種具有歷史意義及特色的構造物，均為古蹟維護、保存及重建的對象。因此，本專輯除報導近年來新建之文化建設外，亦邀請兩篇專文介紹大地科技考古及古蹟修復，期使透過文化遺產之延續，承載人類活動的足跡，成為歷史的一部分。

依上述規畫目標，本期共收錄以「文化建設與大地工程」為專題之六篇論文及二篇專題報導如下：

第一篇為富國技術工程公司黃心泉先生等人所提供之「故宮南院博物館建築結構與大地工程之設計施工介紹」。大元建築師事務所藉由中國書法用筆中的「濃墨」、「飛白」、「渲染」三種筆法，採用鋼構二元結構及3D曲線框架結構，塑造出三個流線量體交織成的博物館建築。因應基礎隔震系統沉陷量限制要求，及作為土壤液化對策，本案例於博物館區採用打擊式PC樁穿過可能液化砂土層達較良好承載層；另為防止土壤液化引致臨近「至善湖」區域土壤產生側向流動，施作擠壓砂樁進行地盤改良，確保博物館建物基礎之整體安全穩定性。文中除介紹前述擠壓砂樁地盤改良及打擊式PC基樁之設計理念、方法及目標，作者亦詳細說明正式施工前之先期試驗規劃、施工管控方式與施工中(後)之成效檢驗結果，值得類似工程參照引用。

第二篇為中興工程顧問公司蕭玉芬小姐等人所執筆的「衛武營藝術文化中心新建工程介紹」。由荷蘭建築師Francine Houben領導的麥肯諾團隊及羅興華建築師事務所，負起設計這座於綠海環繞下，應用鋼構特性所創造出

之多曲面音波式外形的綜合劇院場館。本案地下室開挖深度主要為9.75m，因基地範圍大且無鄰房保護問題，故採斜坡明挖搭配噴漿護坡施工。但分布於部分廳院不同舞台設備區仍有16.9m及25.7m之深挖區，基於經濟考量，採用內外配置兩圈不同規格連續壁及扶壁之規劃；並以結構樓版連結此雙層連續壁，提升整體勁度，得以有效控制開挖變形量。此外，本案例分別辦理現地透水試驗及抽水試驗，以得到土層之透水係數及瞭解抽水對於現地地層的影響，並據以規劃斜坡明挖區及連續壁深挖區抽水井之配置，可作為類似地層施工參考。

第三篇為聯邦工程顧問公司陳煥煒副總經理等人所撰寫的「高雄海洋文化及流行音樂中心結構與大地工程設計及施工」。西班牙 Manuel Alvarez Monteserin Lahoz及翁祖模建築師事務所，將多種海洋元素與生物融入各棟建築物的外觀，打造出極具海洋文化特色的建築物。考量各棟建築物之建築外觀設計、室內空間規劃以及使用機能需求各有不同，作者除分別介紹上部結構系統外，並綜合構造量體、結構安全、施工工法、施工品質及造價成本等因素，逐一說明每棟建築之基礎型式及選擇考量因素，以及淺基礎、具地下室區域之開挖方式。此外，文中另說明樁基礎施工期間遭遇既有大型厚版基礎及群樁基礎等地下障礙物時，基礎設計配合現況進行調整，將舊建物基礎納入下部結構系統之評估及處理方式。

第四篇為富國技術工程公司張登貴經理等人所提供之「補償式基礎之實踐~以農禪寺水月道場為例」。由大元建築師事務所設計之水月道場，利用建築混凝土之材料特色，設計上盡量屏除華麗色彩與裝飾，以傳達簡樸的禪佛況味。該道場為地上1~2層、無地下室或局部地下1層建築，因整體連續性規劃要求且建築外牆採用對差異沉陷要求相對較高之清水混凝土，其建築荷重雖不大，但因地表下分布厚層高壓縮性黏土層，依原始建築配置及基礎設計之分析結果顯示，部分區域將因基礎荷重超過挖除土重而產生明顯沉陷。故本案例基礎設計乃回歸至土壤力學之基本原理進行檢討：重新調整建築配置及基礎結構，朝降低基礎面荷

重及增加挖除土重，採補償式基礎方式將基礎沉陷行為控制在開挖解壓後之過壓密沉陷範圍，以符合對基礎沉陷及差異沉陷之設計需求。再者，本案例為克服國內常用結構分析軟體無法考量土壤非線性行為及荷重應力傳遞影響之限制，提出一套以結構分析軟體配合地工沉陷量計算之簡化迭代程序，用以估算合理之土壤地盤反力係數(土壤等值彈簧)及基礎沉陷量，可做為實務分析參考使用。

第五篇為成功大學李德河教授等人所撰寫的「大地工程知識與技術在考古調查之應用」。依據大地、土木工程技術由古至今一脈相傳之理念，作者認為可將現代的大地工程相關知識應用於研判古代構造物殘跡，如工程施工方法與技巧、工程材料種類與配比等要素，有助於豐富考古調查的內涵；並實際以由荷蘭人於1624年開始建造的熱蘭遮城(安平古堡)為例，以現場挖掘配合大地工程知識，探討其建造方式、地震經歷及基地砂丘特性。此外，應用現代大地工程的非破壞檢測技術，可以快速且正確地推估埋藏地下古代遺址的位置與規模；本文第二部份即藉由使用透地雷達來探測台灣府城小東門甕城遺址，推定其可能位置協助決定考古挖掘處所，使得城垣基礎出土，並確定其規模及位置。因此，持續導入大地工程檢測新方法，對考古調查工作提供更精確、更迅速的協助是可以期待的。

第六篇為胡邵敏博士及陳永安建築師所共同發表之「鳳山縣舊城與恆春古城城牆之損毀原因與修護工程」。作者首先根據文獻考證，介紹中國古代各種城牆構築方法，以及文中兩座古城興建歷史過程，與城牆之構造、材料及尺寸。鳳山縣舊城和恆春古城之城牆同屬三明治式結構，為分別用咾咕石砌築及三合土夯築而成的內外城垣夾中腹土，城頂則為馬道及女牆雉堞，是目前台灣島內僅存的清代古城郭；然經長時間之地震、颶風及暴雨侵襲，歷經多次破壞與修復。作者實地調查、紀錄各種破壞現象，諸如沉陷、牆體裂縫型態、傾斜及雨水淘刷等，配合現代大地工程技術分析損毀原因後，證實古代城牆有結構上弱點：在地震時，易產生各式張力裂縫，甚至造成城垣、女

牆、雉堞傾倒、移位，暴雨時雨水沿裂縫滲入城牆內部造成淘空、流失，致使城牆解體倒塌。因此，作者採用「外觀不變、內部補強」之觀念，配合加勁材料補強牆體及基礎方式修復古城牆，用以解決強調一切須依原有結構及古法進行維修，但經不起地震與颱風摧殘之事實，其修復處理經驗值得各界借鏡參考。

第七篇為超偉工程顧問公司陳福松總經理等人所報導之「北部流行音樂中心的構築」。該中心由RUR Architecture P.C.和宗邁建築師事務所設計，共包含三棟主題建築：主廳館、文化館和音樂產業區，其中主廳館建築的造型來自於台灣重巒疊嶂的山岳，意象著台灣流行音樂邁入新世紀後，履創高峰。文中詳細介紹如何將合理的結構力學元素和系統融入建築的美學空間，使結構除了傳遞力學功能外，更兼具建築藝術和美學造型的元素；並且配合建築的機能規劃、透過結合結構系統和大地工程一起整合規劃，避免震動可能引發鄰近建築的共振問題。此外，本案例於基地內設置地中壁輔助擋土，除有效降低地下室開挖對鄰近臺鐵/高鐵共構隧道及捷運潛盾隧道之影響外，同時兼具承載樁及抗浮之功能，發揮地中壁之最大效益。

第八篇為楊立華建築師及黃明晴副總經理以專題報導方式，介紹「台中國家歌劇院的興建歷程」。由日本的伊東豐雄建築師與大矩聯合建築師事務所設計的台中國家歌劇院，以三次元的連續管狀曲牆結構，打破現代建築以正交格子功能明確區分的建築形式，成就其獨特的結構及空間形式。作者先從基地的地質與地下室開挖方式說起，接續談到面對此前所未見的曲牆空間型態，在不斷嘗試尋求最佳化的過程當中，逐一克服結構分析及施工工法的難題，完成「地表最難蓋的建物」之歷程。最後，作者將自身於設計、施工及峻工後，長時間沉浸在歌劇院每個的角落的體會，透過幽美夢幻的文字，帶領讀者領會體悟獨特的空間美感。

此外，本專輯另有幾篇專欄，其中之工程案例回顧係由張文仁經理所執筆的台北「捷運環狀線CF643B施工標」。作者首先由設計觀點，考量橋梁上部結構型式、跨度、落墩位置、

荷重、地層分布、地下水位及現地條件等因素，說明各區段高架橋橋墩所採用樁基礎及沉箱基礎之設計配置；然後配合地層及現地條件，介紹各區段高架橋梁樁帽開挖之臨時擋土設施型式，主要包括主樁橫板條(H型鋼樁或鋼軌樁)、鋼板樁與雙層鋼板樁圍堰配合H型鋼內支撐。為獲得第16屆公共工程金質獎-土木類特優的台北「捷運環狀線CF643B施工標」留下基礎設計及開挖施工規畫之簡要紀錄。

本期薪傳專欄為周允文協理及孫漢豪先生所整理完成之中興大學褚炳麟教授專訪紀錄。褚老師於民國60年代末即結合大地及結構材料調查結果，撰寫麓山帶台地礫石材料性質研究的論文，開啟了台灣地區卵礫石層現地調查與研究的先端；再加上往後三十餘年間對卵礫石地層工程性質之專注研究，建立其無可取代的地位。訪談過程中褚老師除對卵礫石層之重要工程性質、技術及後續研究方向等議題侃侃而談之外，文中對年輕學者之諄諄教誨，誠為後輩晚生立身處世與研究學習之圭臬。

「地工技術第32次研討會～進階深開挖分析暨施工實務」之綜合討論內容，由林郁修先生與高秋振副總工程師整理於研討會專欄中。在本次研討會之綜合討論中，諸位主講人及與會來賓，熱烈廣泛地討論TORSO程式之分析參數及特點、引致大面積開挖基地壁體大量變形之可能機制、圓形無支撐開挖之行為、開挖隆起破壞之機制及分析方法等議題，會場中諸子百家齊鳴，為本期地工技術劃下一個完美的句點。

最後，要感謝諸位地工專家之協助，以及建築、結構與營建管理等背景的朋友跨領域支持，合力撰寫及分享各篇精采文稿，才能完整呈現這本兼具文化建設與地工技術之美麗專輯。此外，俞清瀚董事長在編輯方向、選擇主題及邀稿時之諸多協助，亦是本刊順利完成的重要關鍵，在此一併致謝。