



王建智

主題：大型建築物基礎開挖

台灣在過去二、三十年來的都市發展與更新，及隨著公共工程的大型化、都市化和地下化等趨勢，建築基礎開挖的規模、深度及複雜性等，都愈來愈具挑戰性，亟需我們深入探討相關知識和技術。而約自1990年左右，陸續於台北和高雄都會區興建多棟的超高層大樓外，更為了改善台北都會區交通擁擠的現象，開始推動台北捷運初期路網的規劃設計與興建，隨著都會區交通獲得顯著改善及提升環境效益後，更約於2000年期間後繼續推動台北捷運後續路網的規劃與興建。值此期間，台灣藉由甚多深開挖工程案例的執行，不論在開挖工程實務和學術理論當中，都獲得許多的寶貴經驗和心得。而此傲人的成果，更讓台灣在深開挖工程領域方面，於世界各國當中佔有重要一席之地。值得一提的是，藉由台北捷運成功的經驗，高雄都會區基於都市的發展規劃，也隨後在2001年開始進行捷運路網的興建。在高雄捷運的設計規劃與興建當中，台北捷運的經驗確實幫助不少，但也因為地質條件和環境的差異，累積到不同於以往台北都會區深開挖的經驗，這對高雄地區後續的鐵路地下化和捷運工程或其他深開挖工程，具有很大的幫助。

台灣都會地區深開挖問題非常複雜，大都在軟弱土層、人口稠密且鄰近常有老舊住宅及開挖深度非常深等情形，儘管近年來都會區的深開挖工程不論在設計或施工技術上都已相當成熟，並被當成一般工程處理。但由於都會區深開挖場址與鄰近構造物之距離近，因設計或施工不慎造成的損鄰事件屢有所聞，如台北士林力霸百老匯、北投自強路及高雄捷運站體等開挖破壞案例。因此深開挖工程仍具有潛在的危險性，必須

謹慎因應。然而因基礎開挖導致的鄰產受損事件中，輕者使建築物外牆及隔間牆產生裂縫，造成使用者的不方便，重者使樑柱等主結構體斷裂產生立即而明顯的危險。若設計或施工者對開挖所引致之地表沉陷特性及鄰近建築構造物的沉陷容忍限度了解不夠，則開挖導致鄰產受損之風險亦相對增高，工程師應視其對鄰產影響程度而決定是否施作防護措施，因此鄰產保護是深開挖工程必須面臨和克服的新問題。

由於深開挖工程是一種頗為複雜的土壤與結構互制行為，一般傳統分析方法，多予以簡化，且無法獲得開挖隆起及地表沉陷等結果，故對於周圍土壤及鄰近結構物變形的估算必須借助其他方法或經驗公式。然而，數值分析方法因具有較廣泛的模擬功能，舉凡抽水、開挖、架支撐、施預力等施工順序均能充分考量，並可獲得完整的分析結果。且經由這些分析結果和現地監測值的比較可知，數值分析法確能將深開挖的行為做相當合理的描述。所以數值分析方法常被用來模擬深開挖對周圍地盤與鄰近結構物的影響，進而評估鄰產保護的措施。但是，在數值分析過程中所採用之參數及分析技巧對結果之正確性有很大的影響。因此欲以數值分析方式正確地模擬出深開挖行為，除了參數的選取外，在分析時其分析方法應儘可能配合實際的施工狀況與步驟。

台灣在深開挖工程方面的技術發展與研究探討，大都依循經濟發展趨勢而著重於台北都會區，並建立了許多本土化之豐富成果，相對的就較少專家學者針對南部高雄地區，進行深開挖工程領域的探討。這個現象，隨著近年來高雄都會區捷運和鐵路地下化工程，及高雄主辦2009年世界運動會所需競賽場館等大型建築和基礎開挖

地工技術

工程的陸續興建，獲得不少的改善，並逐漸建立高雄都會區的深開挖經驗。所以本專輯將針對台北和高雄兩大都會區之大型建築基礎開挖案例進行探討，除能將作者們的寶貴經驗心得提供分享交流外，更希望能有助於深開挖設計分析和施工技術的提升與參考。

自從美國前副總統高爾先生於2006年拍攝一部令全球震撼發人省思的「不願面對的真相」紀錄片後，大家對於地球近年來所遭遇的極端或異常氣候和暖化問題等，獲得各國政府和全球的重視。同樣的，於2010年第一部探討全球暖化對台灣影響的紀錄片「正負 2°C 」，亦帶給台灣人民和政府非常大的衝擊。也因此「節能減碳」的觀念正逐漸潛移默化於人心，各行各業也朝此方向努力。因此專輯首先以周允文博士等人的「2009高雄世運主場館基礎開挖及地盤改良案例探討」一文揭序，說明在廣達約19公頃大的腹地，如何朝土方平衡綠建築和太陽能發電節能減碳的方向努力，並提供在具高液化潛能地層地盤改良方法等成果作一介紹，相信這對土木建築和地工人土，欲對保護地球環境作一努力是值得參考的。

再者，近年來都會區鄰近對地層變位敏感之捷運、鐵路及高速鐵路等交通設施之開挖工程愈趨頻繁，但因軌道設施具有嚴格規範，且該設施大都位於交通樞紐及都市發展聚集處，如何維持交通運輸及施工安全已相當不易，若又遇到既存舊設施必須破除或與新設施構造物結合時，則工程更顯得特殊與複雜，其深開挖之規劃設計與施工管控的課題就日形重要。這方面在賴建名先生等「高雄車站捷運R11臨時站大地工程創新設計與施工」及俞清瀚先生等所著「高鐵緊鄰基地深開挖之設計及施工監測管理」兩篇論文討論甚詳。值得注意的是，為能有效控制開挖引致的變位量，除採用地中壁和扶壁設施外，更以許多創新設計和施工之概念，如連續壁公母單元皆使用帆布之隔幕式連續壁設計施工，為國內首創，除

行

可避免孔壁崩塌和達止水效果外，亦能有效控制混凝土打設量。且由緊鄰高鐵深開挖案例顯示，地下室開挖對高鐵基地引致之地表沉陷遠小於連續壁施工造成之沉陷，並與基樁施工所發生之沉陷值相當。所以在對地層變位要求相當嚴格之處，連續壁與基樁施工之影響不容忽視。另外，在大面積或甚寬開挖基地分析壁體變位時，當使用如RIDO或TORSA等一維程式分析時，因無法考慮開挖寬度及需要較長時間架設支撐影響，對於壁體變位的分析結果應有所探討，這方面在張瑞仁先生等所著論文有詳加討論。至於謝坤宏和王建智教授，則蒐集高雄捷運施工期間某站體深開挖災變案例，並藉由事故鑑定所得之連續壁瑕疵和災變後地層具有明顯弱化的特性，將之納入分析考量並建立評估的簡化方法後，進行一系列的深開挖數值分析與探討，期能對災後復舊工程的設計分析有所幫助。

在林永光先生等人論文的案例分享中，充分顯示出補充地質鑽探在價值工程規劃中發揮極大功能，證明詳細之地質調查可節省大量工期及費用；而該案例因大面積開挖且工址兩側接近鄰房、工期緊迫及基地內存在舊有地下室等構造物必須處理，且開挖深度達23.6m；經價值工程分析後，採用逆打工法及地中壁和扶壁方式施工，並獲得很好的成效。另外，在呂芳熾先生等及謝旭昇博士等探討的大面積開挖案例當中，開挖深度也分別達17.9m和23.05m，且亦有構造物緊鄰的現象，為了抑制地盤和擋土壁變位，擋土措施設計時同樣的採用逆打工法，並配合地中壁和扶壁的設計施工。值得一提的是，在「於困難地層中之大面積開挖設計與施工實例」一文中，鑑於基地安山岩塊層及泥質砂岩層分佈深度變化大，為更能確切掌握地層深度分佈，進行現地連續壁與逆打壁樁探岩工作，並繪製等高線圖，以提供連續壁與逆打壁樁的施工參考。至於謝旭昇博士等所著論文，則在深開挖分析過程中除考慮地中壁及扶壁效應外，更進一步考量側邊主體連

續壁亦為扶壁的效果，且從監測結果亦獲得不錯的驗證；這方面如能獲得更多案例與學理佐證，則分析求得之壁體變位和彎矩將更接近實際狀況，據此配置的壁體鋼筋亦不致過量。最後，再由莊家瑄先生等所著的「鄰近兩基地深開挖工程互制影響之探討」與讀者分享，其詳加說明如何應用數值分析方法來模擬複雜緊鄰兩個不同基地深開挖間行為的相互影響和特性分析；該分析結果顯示，可考慮進行地盤改良來降低相互之影響，且兩基地中間若保有適當厚度土體，對抑制連續壁側向變位具有正面功效。

綜合前述，第一篇至第五篇論文皆為高雄地區之深開挖案例，能將這些近年高雄大型深開挖案例彙整與讀者分享，實屬不易，亦為專輯特色；至於後續四篇論文則以台北地區案例為討論對象。再者，筆者在閱讀完各作者撰寫之精闢論文後，獲得下列心得與讀者分享：

1. 複雜的施工程序和近接鄰產的深開挖設計，甚難由傳統的簡化方法分析，必須藉由數值方法模擬與分析，始可獲得可靠的鄰產保護評估成效。但是欲以數值分析方式正確地模擬出深開挖行為，除了參數的選取外，分析方法應儘可能配合實際的施工狀況與步驟。

2. 在大面積基礎開挖及近接鄰產施工情形下，採用逆打工法配合地中壁和扶壁等地盤改良措施，由案例顯示能有效減少地層變位，而達保護效果。

3. 大尺寸的連續壁槽溝施工，開挖時確實會引起地盤變位，特別在疏鬆或軟弱地盤更為明顯，因此在對於地層位移要求相當嚴格之處，如軌道設施時，應加以注意。

4. 由第二和第六篇論文案例顯示，大面積的基礎開挖因涉及施工技術層面相當廣泛與複雜，若予以適當進行價值工程研析，或許會有令人驚奇的不錯效果。

總之，大型建築基礎開挖的設計分析和施工皆相當複雜，當具有嚴厲挑戰時，大地工程師

若能以「愚公移山，努力不懈」及「換個角度，世界不同」的方向思索，將會有不同的創意設計和施工技術。