

半圓形全套管擋土樁 - 臺中捷運深開挖擋土工法之革新精進

文圖/楊啟宏

一般土層中的開挖擋土支撐設施係採反循環樁或連續壁，惟臺中捷運聯開共構大樓因地處臺中盆地，地質屬卵礫石層，質地堅硬，該工法常因卵礫石層孔隙率大，穩定液流失，且鑽頭也易因堅硬礫石損毀，往往不適用。故於臺中地區，擋土設施一般採用全套管擋土樁或是人工擋土樁進行施作。

臺中捷運聯開場站位處於文心路沿線，屬高度都市化發展路段，設計時為考量法定停車位需求，地下室需開挖至6層至7層，然場站鄰近區域大樓林立，開挖越深，除成本增加、環境碳含量增加，且損鄰之風險將大幅提昇。

故為增加地下室使用空間，同時兼顧降低施工風險並保有全套管基樁之施工品質、安全性及效率，經本局捷運團隊研議，於臺中聯合開發大樓設計階段決定採用「半圓形擋土樁」作為擋土設施，就營運管理之角度分析其成本效益與內、外效益簡述如下：

一、成本效益分析(5M)：

(一)、人力(Man)：精進後之施工方法及程序，人工工班取得容易，且於熟悉施工方式後並搭配施工經驗，因應工程階段需求調整投入人力資源，調度靈活度高，其與傳統人工擋土柱工之人力相比較，可節省約3至4成直接人力成本。

(二)、機具(Machine)：此工法與傳統全套管擋土基樁使用機具相同，於土木界已使用多年，有豐富施工經驗之廠商不可勝計，僅需一般常見吊車、搖管機及抓斗機具即可施作，無需特殊動力機具，可避免少數專業廠商聯合壟斷，哄抬價格，亦對現今都市土地施工空間有限情況提供新選擇。

(三)、材料(Material)：依節能減碳執行方案所列評估指標中二氧化碳減量之目的，建築物軀體構造建材於生產過程中所使用的能源而換算出之CO₂排放量，新式半圓型全套管擋土樁較傳統全圓型全套管擋土樁減少樁體一半混凝土用量，每支約可減少混凝土用量24.66M³，依每M³碳排放量為0.18噸計算，舉G9-2站為例，興建過程可減少約496噸之碳排放量，各站總計共可減少約1,259噸之碳排放量，可有效達到環保節能減碳目的。

(四)、資金(Money)：半圓型全套管擋土樁因減少樁體一半混凝土用量，每支約可減少24.66M³混凝土用量，以目前混凝土每M³單價約為2,850元估算，舉G9-2站為例，約可減少新台幣780萬之工程經費支出，而聯開5站至少共可節省約1,993萬，達到節省公帑支出達最大效益之目的，且因可減少地下之開挖層數，至少省下約1億5千萬工程費用，大幅降低施工費用及爾後之營運成本。

(五)、方法(Method)：透過施工前施工計畫檢討，有效規劃人力機具等資源，使工作面可全面開啟，相關資源可集中投入，縮短對周遭環境影響時間，且搭配補充地質鑽探及完備祛水計畫，有效降低影響整體工進之不利因素，對工進有明顯提昇，減少與避免趕工進所需耗費之間接成本。

二、內、外效益分析(QCDS)：

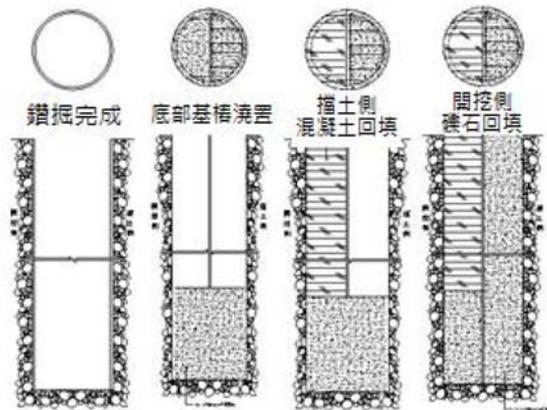
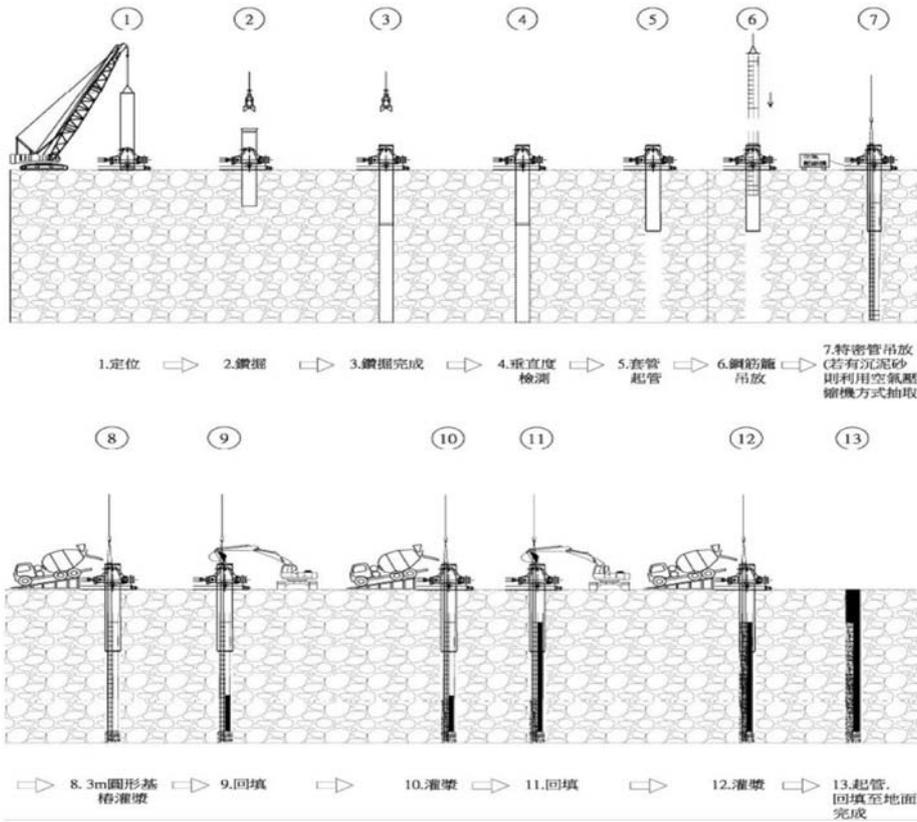
(一)、施工品質優(Quality)：針對精進後之「半圓形擋土樁」，透過施工中遭遇困難與克服，有效將施工中之影響變數(套管卡管或接頭斷裂、施工偏差、回填土石粒徑等)大幅降低，而透過基樁垂直度檢測、完整性試驗以及後續監測資料顯示，此創新工法成功達成開挖深度深、施工品質佳、擋土勁度高及施工速度快之優勢。

(二)、經濟效益高(Cost)：此創新之「半圓型全套管擋土樁」因減少樁體一半混凝土用量，除有效減少公帑支出外，另因都會區用地寸土寸金，以傳統全圓型擋土樁施作，於相同開發面積下可使用空間較少，改採新式半圓型擋土樁後，因減少樁體一半面積，舉G9-2站為例，地下室每層樓皆可再增加使用面積約228m²，以各站開挖層數共計26層，總計共可增加約3,782m²使用面積，大幅增加整體建物使用效益，達到充分利用土地空間之價值，對未來使用者市民而言，將有效提升對市政建設之認同感與支持度。

(三)、進度效率佳(Delivery)：施工團隊藉由現場測試作業，積極突破所遭遇施工困難點，如全套管施工方式改良、土石回填粒徑及回填高度選擇與新式鋼筋籠型式，改以標準化、規格化、系統化的施工方式，目前已克服施工障礙達成規劃工率，並開啟多個工作面，詳盡規畫整體施工動線，有效縮短該工項施工時程，降低捷運施工對臺中市民之生活與環境之影響，亦減少因配合工進趕工之成本支出，並確保施工品質。

(四)、安全,風險低(Safety)：於土木工程中，深開挖工程往往伴隨著高風險，本局團隊採用此創新工法，除有效屏除人工開挖可能造成之危險性外，並藉由施工前之風險管控會議，詳細檢討施工風險，並進行評估及對策分析，以期有效降低施工危害因子，再輔以搭配監測系統監控，隨時有效掌握主要地下水位數據與擋土支撐受力及應變情形，營造出安全、優質高效率的施工環境。

深開挖，在地窄人稠的臺灣常見的工程項目，在看似順遂之深開挖工程中，其實是奠基在從設計單位到施工團隊所用心縝密規劃的基礎上。本案深開挖除落實例行性深開挖施工注意要點外，規劃設計人員加入了前瞻規劃與創新設計，現場施工團隊則在安全第一的前提下於施工技術面努力突破並針對工程界面充分討論，加強各項監測與落實施工管理，並藉由計劃、實施、檢核、處置(PDCA)之管理觀點，有效提升半圓形擋土樁施工之工率、技術與經驗，各種首次面對的施工挑戰皆已完全克服。各鄰近建物與捷運設施於施工期間皆無異常變位，工區內之各項擋土支撐系統監測值皆於警戒值內之安全範圍，目前地下構造之開挖與結構物施工已全數完成，整體工程正朝如期、如質完工之目標持續邁進，希冀藉由本次工程之施工經驗回饋，推廣並提升國內擋土樁設施之施工技術！



半圓形擋土樁施工流程



半圓形與全套管擋土樁完成壁面比較

Full Casing Semi-Circular Retaining Piles – Innovative Approach for Deep Excavation in Taichung MRT Construction

The entrances/exits of Taichung MRT and the co-construction site of land development building along Wenxin Road are located at a heavily urbanized area, and consequently, there is limited space for development. In order to increase the space used for underground excavation, for the first time in Taiwan, semi-circular retaining piles have been adopted for soil retention facilities in the planning of stations G5, G6, G8a, G9-2, and G11. This is a method with higher construction technology and precision, and by halving sections for retaining piles, it could reach the goals of increasing the basement space and reducing carbon emissions. This study discusses the concepts of design planning and construction technology in anticipation of providing feedback through design planning and construction experience in order to enhance construction technology and safety for full casing semi-circular retaining piles.