



井式基礎

精進創新工法介紹

鄭旭成／遠揚營造工程股份有限公司 經理

鄭燦鋒／遠揚營造工程股份有限公司 董事長

改善市區交通多採用高架橋梁，又橋梁基礎工程因無法採用預鑄或預製方法，致其施工時間及費用經常過半。近年來，台灣因全套管基樁設備較多，人員經驗也純熟，故套管基樁在重要結構中常被使用，橋梁工程在基樁完成後，需再設圍堰，以開挖及澆築基礎墩座，若於市區道路間施工，將佔用較大車道並造成較多污染，倘若遇有地下管線，其拆遷更是困難重重。因此，若非地質鬆軟，降水困難者，宜改為井式基礎方式設計；井式基礎施工期之佔用路幅小，挖遷管線方便撥移，更可減少甚多施工費用。井式基礎之施築需由上而下，逐層降挖，並先以人工逐層擋土；早年擋土工作，依設計是先架設型鋼護樑後，再掛網噴上 20 公分厚水泥砂漿，待其強度到達後，續行降挖一層，每層約 1 米～1.5 米，或是逐層改用鋼製或 R.C. 預鑄環片護壁施工。但前者噴漿時污染嚴重，於市區其防護更是困難，後者成本較高，尤其口徑大者，吊組施工不易。

遠揚營造工程（股）公司，承攬台中捷運工程，其井式基礎由噴漿工法，經與協力廠商共同改良，採用「逆向滑動模式，坑壁直接襯砌工法」，順利完成 315 口多種不同尺寸及深度之井式基礎，因其施工快速效果甚佳，特此推介於各工程先進參考。

本工法且獲經濟部智慧財產局專利在案，除台中捷運基礎工程及國四延伸線 714 標工程，又公路總局西濱台 61 線白沙屯段線等皆具有實際優異成績，歡迎各施工廠商能先向本公司報備同意後，充分利用其快速、安全、高品質、環保、經濟性之優勢，乃為工程界之進步也。

前言

本文係以「台中捷運 CJ920 區段標工程」之井式基礎為個案研究案例，為國內首次於都會區大規模採用井式基礎施工之實務案例，針對井式基礎於都會區施工因人口稠密、用地受限等環境因素干擾等問題，研究探討適合卵礫石層地質之井式基礎施工方法，並檢討現今傳統井式基礎職安、環保缺失，分析改進及防止對策，以期井式基礎在卵礫石等自立性佳地質條件下，具減少施工噪音與揚塵之環境優點並提升施工安全性的施工方式，能廣為一般民間或公共工程所採

用，以提供相關工程做為參考。

臺中都會區大眾捷運系統烏日文心北屯線 CJ920 區段標 G3 至 G9 站區段標工程，全長約 8.064 公里，座落於台中市文心、北屯、松竹路段等人口稠密都會區。本文案例井式基礎計 315 支，總計深度達 5,506 m，依井口直徑尺寸不同區分 5 m、6 m、8.5 m 三種型式，施工數量繁多，為國內首次於都會區大規模採用井式基礎施工之實務案例，且部份用地尚未交付及管線、地下水、工址狹隘等因素等干擾，井式基礎施工為工程主要施工要徑。

工程地層分佈與特性

本文之施工工程案例計畫路線沿線主要為台中盆地，其地層主要由旱溪、柳川、梅川、麻園頭溪、筏子溪及旱溪等大小溪流沖積而成之沖積扇聯合形成之沖積平原，多為卵礫石為主之現代沖積層所組成，其地質特性主要為灰色卵礫石夾粗中砂，礫石粒徑多在 3 ~ 30 公分，且偶有較大尺寸之巨石分佈，N 值多在 90 ~ 100 以上。

井式基礎精進工法施工流程

本文個案井式基礎混凝土套環其原理為利用薄壁圓筒均勻受壓之力學原理，規劃之混凝土套環鋼模分為兩種型式：頂部環梁鋼模、下部鋼環模，第一種型式用於地面 ~ GL-2.5 m 之頂部環梁鋼模（即設計井基頂至地表間的回填層），其作用除抵抗土壤側壓力及灌漿壓力外，另可兼做井口保護設施使用；第二種型式用於 GL-2.5 m ~ 井基底部之下部鋼環模（即設計樁長），其作用則主要為抵抗井式開挖時基礎土壤側壓力及灌漿壓力。

於第一階段（頂環：屬空掘段，即設計樁頂至地表間的回填層）開挖 2.5 m 深，將預先製作可分解之內鋼

套筒，在開挖孔內組裝，此鋼套筒可提供臨時之擋土及灌漿之內模，再將鋼套筒與土面間澆注滿混凝土，俟其強度達到結構計算要求初期強度，再開挖下一階段（設計樁長段），以每一循環開挖深度 1.5 m，安裝鋼絲網後，再將鋼套筒與土面間澆注滿 280 kgf/cm² 混凝土，內鋼套筒於混凝土套環達到預定強度得以支撐側向土壓力後，即可拆模，如此以每環 1.5 m 輪進週而復始循環施作至設計深度。其施作特性類似建築之逆打工法。為防止開挖可能造成周圍地盤移動或變形，必須考量必要之安全措施，因此整體的安全架構不僅須考慮在土壓、水壓的作用後，而且對減少擋土架構的變形也應特別加以考量。開挖階段採用內鋼套筒之擋土系統，於混凝土套環澆置完成並達到預計強度後，以混凝土套環做為開挖之擋土系統。

井式基礎精進工法施工流程簡單來講是將頂環完成後，逐步完成每一套環，直到井基底部，再澆置 PC，於鋼筋綁紮完成後澆置第一階段井式基礎 RC1（井式基礎底部至墩柱鋼筋底之結構部位），立墩柱鋼筋完成澆置 RC2（墩柱鋼筋底至井式基礎頂部之結構部位），最後回填覆土層。井式基礎精進工法施工流程（詳圖 1）。

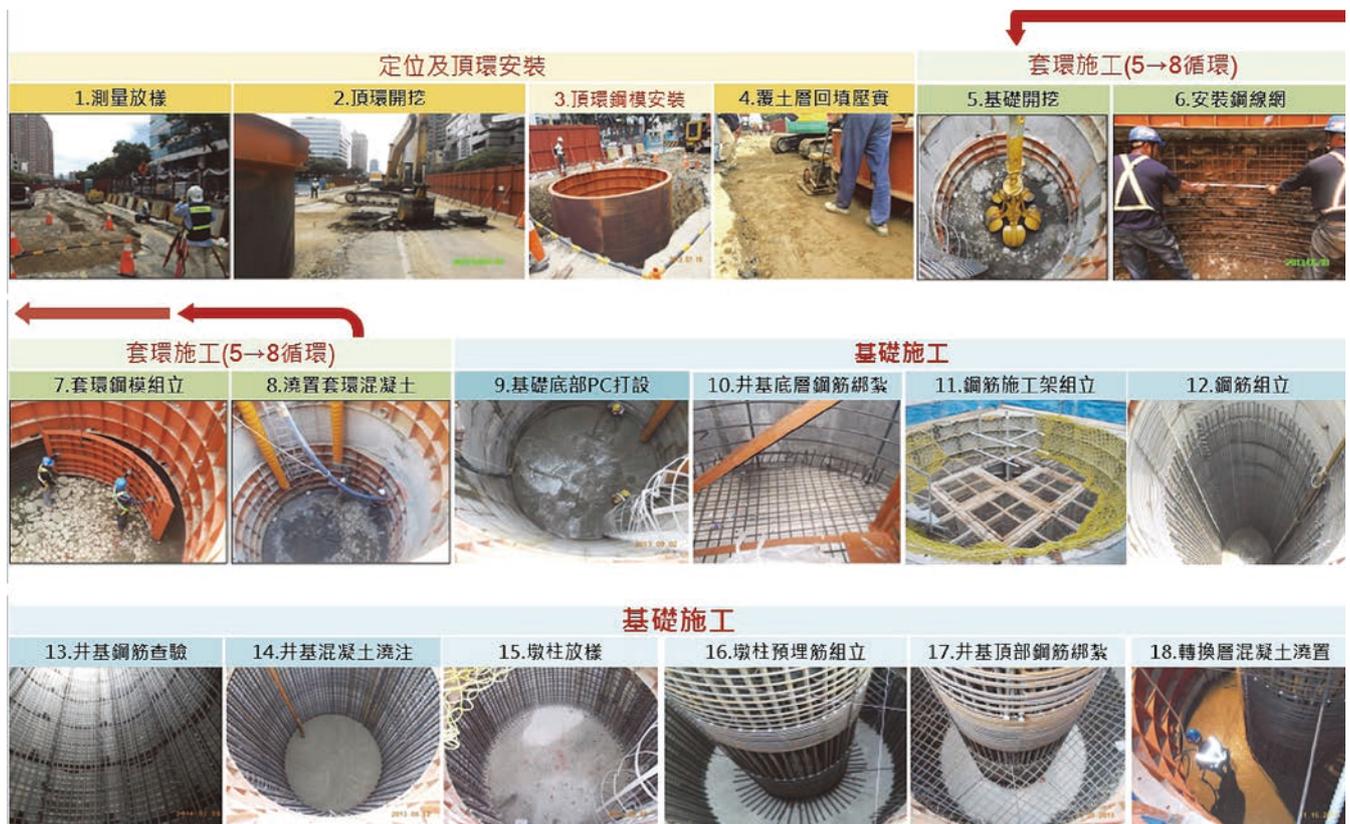


圖 1 井式基礎精進工法施工流程圖

特別說明圖 1 第 7 步驟，考量井基環片鋼模組拆吊掛易產生物體飛落風險，基於安全考量下，採單一鋼模環片滑模方式（詳圖 2），主要利用自製手動捲揚設備，於鋼環模脫模後，搭配適量的手動捲揚設備將鋼環模下降至下階段封模位置，除可有效防止物體飛落災害發生，亦較傳統組拆模板方式有效提高工作效率。

效益

1. 降低噪音與塵土之不良影響：本文個案為提昇井式基礎施工效率與工作環境，藉由檢討該項工項整體施作流程（包含開挖、擋土壁體與結構體施工），以過往工程施工經驗，得知施作流程中之開挖與擋土壁體施工成效，將顯著影響工期，且由於傳統井基工法之擋土壁體大多數皆係採噴凝土方式施工，施工過程極易產生噪音與揚塵，造成工區周圍環境不佳，其影響因子易恐將引發市民負面觀感與反彈聲浪，造成工程施工之不確定性因素增加；鑒此，考量該工項施工成效，並為將其相關影響因子降至最低，該施工團隊努力研究檢討，朝依配合施工工區之地質條件，並憑藉過往捷運潛盾隧道之施做經驗，激盪出井式基礎工法精進案，改以標準化、規格化、系統化的場鑄混凝土套環擋土壁方式，來大幅提升施工效率與施工品質，亦可藉此將噪音與塵土之不良影響因素降至最低，使整體施工環境、工程品質有了顯著改善，營造出一個優質、安全、高效率的施工環境。
2. 減少民眾陳情事件：另於混凝土套環背填澆置階段，原規劃係採混凝土壓送車施作，惟考量倘於夜間施作，在人口密集市區，混凝土壓送車之噪音恐影響市民安寧，故施工團隊經研議另採用重力加速度原理予搭配大口徑之 PVC 管，來澆置施做背填混凝土，經現場實際量測，所產生之噪音音量均符合環保法規且並有效具體減少民眾陳情事件。
3. 降低交通衝擊：針對精進後之場鑄混凝土套環與原噴凝土擋土壁體差異，即在於預拌混凝土與噴凝土兩者之差別，由於預拌混凝土之料源執行腹地小容易控制，更無需現場拌製佔據大面積場地影響交通，減少緩和市民之負面觀感。
4. 回收使用鋼材提升再利用價值：此場鑄混凝土套環



圖 2 滑模設備吊放照片

所使用之鋼模可多次重覆翻用，減少原設計鋼肋梁留置基礎中無法回收使用鋼材，且工程完工後，鋼模鋼材得回收再利用，達環保節能減碳之功效。

5. 減少安衛環保直接費用支出：在工區現場施工時，均可具體達成減噪、防塵等預期成果，並有效增進周遭民眾對工程支持度與認同感。藉由此工法精進與改善，對於減噪防塵可達相當之功效，故相關安衛環保費用僅需就一般例行性作業來檢討辦理，與原先預期倘於市區採噴凝土施工，需耗費相當金額來辦理方才能符合環保要求，有截然不同的成果與方向，且具體大幅減少安衛環保直接費用支出。故以井式基礎精進工法施做對勞工環境衛生與環保效益極大，自然對災害防止效果便得以提升。
6. 提高安全性：逐環施做避免產生土壤崩塌、人員墜落、物體飛落等職業災害。

結論

1. 台中盆地屬堅實卵礫石層地區，地盤穩定性高，基礎設計條件良好，於橋梁或建物之基礎可考慮

載重、用地限制、開挖工法、造價與工期等條件，彈性運用基礎型式。惟因地下水位高，地層透水性佳，抽降水措施及其它輔助工法需於開挖擋土施工時適當匹配運用。

2. 本個案井式基礎精進工法有別一般噴凝土或鋼襯環方式，改採場鑄混凝土套環方式施工，以規格化、系統化施工方式，可有效降低噪音、揚塵及增加安全性、工率、提高施工品質並可節省環保直接維護成本。
3. 本個案井式基礎精進工法，對於市區及工區狹隘且井式基礎數量較多等條件非常適合。
4. 本案例為國內首次於市區大量採用井式基礎施工工程，除適用於卵礫石及自立性佳的地質條件下，井式基礎由於基礎空間小，可避免市區地下管線衝突，減少管線遷移費及管線挖損等問題。
5. 本案例卵礫石顆粒大，約為 10 ~ 80 公分不等（詳圖 3），由於卵礫石地質為交錯排列，非規則性，且開挖不易，挖掘時易因卵礫石排列交錯因素產



圖 3 井式基礎開挖之卵礫石照片

生壁體超挖現象，以致混凝土損耗較多達 200%。但在卵礫石層地質條件下，土方開挖量體本不易控制，若採傳統噴漿法，其超挖量仍不可免。🛡️



土木水利 雙月刊

向您約稿

本刊出版有關土木水利工程之報導及論文，以知識性、報導性、及聯誼性為主要取向，為一綜合性刊物，內容分工程論著、技術報導、工程講座、特介、工程新知報導及其他各類報導性文章及專欄，歡迎賜稿，來稿請 email: service@ciche.org.tw 或寄 10055 台北市中正區仁愛路二段 1 號 4 樓，中國土木工程學會編輯出版委員會會刊編輯小組收，刊登後將贈送每位作者一本雜誌，不再另致稿酬；歡迎以英文撰寫之國內外工程報導之文章，相關注意事項如後：

- 工程新知及技術報導，行文宜簡潔。
- 技術研究為工程實務之研究心得，工程講座為對某一問題廣泛而深入之論述與探討。工程報導為新知介紹及國內外工程之報導。
- 本刊並歡迎對已刊登文章之討論及來函。
- 工程論著及技術研究類文章，由本刊委請專家 1 ~ 2 人審查，來文請寄電子檔案，照片解析度需 300dpi 以上。
- 文章應力求精簡，並附圖表照片，所有圖表及照片務求清晰，且應附簡短說明，並均請註明製圖者及攝影者，請勿任意由網站下載圖片，以釐清版權問題。