

地工技術



編者的話

何樹根

主題：無支撐開挖工法

本期專輯名稱為「無支撐開挖工法」，由各篇案例的內容來看，「無支撐」這個名詞之的定義也許並不够嚴謹，由字面似乎只是表示在開挖面內看不到對頂的型鋼支撐(順打)或樓版(逆打)，便稱為「無支撐工法」，但同樣在開挖內看不到支撐的「背拉地錨」算不算無支撐？地錨其實也算是一種支撐型態，因而嚴格來說，除了斜坡明挖外都需要有擋土構造物，凡擋土結構物在力學上都需要有力平衡的關係，採用支撐只是提供力平衡的一個機制而已，本期案例之開挖工法均不僅僅是未使用內支撐而已，每個案例都有其不同的力平衡機制，如何達到力平衡會是設計上的重點，因而將「無支撐工法」改稱為「自立式的擋土工法」應該會更貼切，稱之為「無支撐工法」，應該只是一種簡單的表達。

為什麼工程界要嘗試這種自立式的擋土工法？費用並不是最重要的考量，其實案例中地下擋土及開挖的費用，並不一定比傳統使用支撐之工法少，在我的瞭解其主要目的是施工的方便性及減少地下施工工期，開挖是個高風險的工項，且幾乎是每個工程的「要徑」，若採用了支撐便免不了要「逐層開挖」及「逐層支撐」，為了安全很難節省工序去趕工，特別是面積很大的開挖案，施工人員總是希望可以在空曠的場地上快速的開挖及出土，趕快完成地下室，結束高風險的作業。只要有需求便會有相對應的技術

出現，很早工程界便有零星的案例嘗試將支撐取消，有成功也有不是很成功的結果，當時因為分析工具的關係，大部份都是採經驗方法，用摸索式的設計及施工，近年來台灣因為深開挖經驗累積了相當的多，3D分析工具也快速發展，對各種擋土構造物(例如扶壁、地中壁)的行為有更深入的了解，因應快速開挖施工的需求，工程師也更有把握將支撐取消，將擋土結構設計成可以自立，因而所謂「無支撐開挖」，最重要的重點應該可以說是自立式擋土構造之設計，這種自立式擋土構造通常需進行結構與土壤互制的分析，設計時便需以3D的方式去考量，如果僅以1D或2D去分析，只能用經驗法則，很難以理論方式去作設計，因而3D的分析軟體成了必備的工具。隨著成功的案例增加工程師便更有自信去進行設計。本期6個案例只是無支撐開挖成功案例的一部份，卻已大致包含設計時的各種考量及對應解決方案，假以時日一定會有更多案例出現，更新的設計理念發展出來。

綜合本期案例擋土構造物大致可分為二個系統：

1. 「拱作用」系統：利用圓拱可以將土壓力轉成擋土構造物軸力的特性達到力平衡狀況，

2. 「扶壁、地中壁」系統：在開挖面上構建勁度很高的擋土結構，在不產生大變形的情況下將土壓力傳遞至開挖面下的構造物。若讀者有興趣拱作用的基本考量，可

先閱覽張盈智總經理等的「圓形連續壁無支撐開挖工法分析與施工」，因為本案例為僅採圓形連續壁而形成無支撐系統，沒有複雜之地下構造物；扶壁、地中壁系統則可先閱覽歐章煜教授等的「無支撐開挖工法的發展及原理」，歐教授已經很有系統的將擋土構造分為內扶壁、外扶壁、地中壁、U壁及肋壁，還有樓版的應用(稱CAP SLAB 帽版)及其組合運用的效果。看完這兩篇文章對二種系統的擋土構造如何可以自立，會有初步的瞭解。

對於利用拱作用的圓形連續壁，前提是連續壁要施工成圓形，偏偏連續壁單元通常都是直的，因而施工而成的連續壁其實是多邊形，要分割到多小才能接近圓形，編者統計了四個已完成圓形連續壁的案例，其直徑與平均每一單元長度(弦長)的比值(稱徑弦比)約12~19，高雄捷運美麗島站因為單元間沒有公母接頭，每一刀均為一單元達到44；另外直徑與連續壁厚度比值則約在60~90間。圓形連續壁理論上只承受軸力，因而單元間不需要有鋼筋連接，但除了美麗島站連續壁(不作為永久結構)外，其他案例均有鋼筋連接，應該是這些案例的連續壁都作為永久性的地下室外牆，設計者對於永久結構尚沒有信心。另外圓形連續壁設計時通常會再在適當位置施作環梁(環梁模擬成支撐)，將連續壁串接起來預防施工精度不佳時更多的安全係數，環梁在理論上也是不需要的，張敬禮總經理等的「陶朱隱園住宅大樓無支撐開挖案例介紹」中圓弧形連續壁即未使用環梁。

扶壁、地中壁系統在台灣已發展多時，30年前李光雄董事長即使用扶壁在花蓮成功完成自立式的擋土壁，當時採用的是經驗方法，隨著時代的演進，經過工程師的嘗試

及學者的研究，目前已經比較系統化。早在15年前郭可侯技師所完成的「邊區逆打工法~中和環球購物中心案例介紹」，便已採用內扶壁、地中壁及周邊的樓版作為擋土構造物，周邊區以逆打的方式施作，內扶壁還兼作為樓版的支撐(逆打樁)，成功完成此大面積開挖案例。當時的分析工具尚不完整，僅使用RIDO及經驗完成，地中壁約施作與內扶壁同高且開挖期間沒有敲除。地中壁的行為經長期的研究，只需要施作在開挖面下一定的深度即可發揮很好的作用，因而近期設計的地中壁開挖面以上的空打段通常不施作，僅在接近連續壁兩端留下一段內扶壁(歐教授採命名為U壁)，徐明志總經理等之「鄰捷運設施之加勁式連續壁無支撐開挖案例」所採用之地中壁即僅施作於開挖面下，本案例因為基地較大所以採用了外扶壁，並在外扶壁頂施作加勁版，成為自立式撐土結構之主要構件，僅在部份位置及捷運側為變位控制的需求，增加了內扶壁。

由於地中壁及扶壁都是費用相當高的地下構造物，作為臨時性擋土構造，開挖完成後還要敲除或切除，不但多花錢又花工，因而若在設計時便將內扶壁設計為原永結構的一部份(作為剪力牆或承重牆取代柱)，不但可結省相當之費用，開挖完成後不需要敲除，施工性更佳，徐明志總經理等之「鄰捷運設施之加勁式連續壁無支撐開挖案例」及編者和李銘欽協理的「汐止台灣科學園區無支撐開挖施工案例」，即採用這樣的設計，如此的設計比較合理，因內扶壁若作為臨時性結構，當地下室結構施工時反而成了阻礙，且其體積大重量重，當地下室完成才能敲除時，不論敲除的運棄或切割後的吊運都是很麻煩的事情。本期案例中唯一沒有使用扶壁、地中壁的為林婷媚經理等的「應用

T3程式探討懸臂式擋壁之開挖行為」，使用鋼軌、型鋼及鋼版樁加上背拉即完成了無支撐開挖，如果前述使用扶壁、地中壁等構造完成自立式擋土構造者為大餐，則本文可稱為家常菜，經濟又實惠。

本期又收錄二篇自由投稿之文章，分別為張睦雄教授等的「地震液化地盤基樁破壞問題與挫屈分析探討」及趙明欽技師之「開挖工程打擊樁之承载力評估」，張教授探討

基樁在地震搖動與地盤液化產生側潰時可能產生的破壞問題；趙技師則探討打擊式中間柱及構台柱之承载力計算問題，提供除了使用N值以外的方法。

有人說，日本工程界的現況便是台灣20年後的狀況，本期邀請了日本熊谷組的社長贈言，由其贈言顯示台灣的工程界特別是在地工技術方面已有與日本並駕齊驅的現象，值得地工界所有努力不懈的工程師欣慰。

小啟

地工技術自1983創刊，即採用比銅版級更高規格的雪銅紙(不會反光)印製，期望提供讀者最佳的閱讀品質。為響應環保愛地球並節能減碳，在不影響閱讀品質前提下，地工技術自159期起，將紙張磅數稍作調整，為環境保護略盡綿薄之力，特此說明。