

地工技術

跨領域走出新機會

鍾毓東



民國 43 年出生於南台灣屏東，61 年進入中央大學土木系；先後受教於洪如江老師（土木系創系系主任）以及歐晉德博士，因此與地工結緣。俟大學畢業，值十大建設的尾聲，先在核二廠做反應爐圍阻體施工；之後能源危機時，到大肚山台地開山整地做王田油庫工程；這兩段第一線施工經歷，畢生受用。民國 68、69 年到美國底特律 Wayne State University 讀地工碩士，與李建中博士結下師生之緣。民國 69 年尾，進了中鼎，一待 25 年；先是專業大地工程師，後任跨領域整合的專案經理，再轉為經營管理職，必須負責企業發展與利潤創造，爾後在萬鼎副總任內退休。95 年擔任地工技術基金會董事長，於 98 年交棒予陳正興教授。

告別工程界，因緣際會投入了全然陌生的工作領域，過程中獲得企業大力支持；開發一個從未被耕耘卻可大幅提升經營效益，解決汙染排放的農牧經營模式。將農牧業的『廢棄物』（牛糞、雞糞、菇包、薯渣）厭氧發酵，轉化成『資源』（沼氣、沼液、沼渣），最後變成『商品』（電力、熱能、液肥、基材、飼料）；再回供農牧業使用，形成循環經濟。目前「林鳳營牧場」沼氣系統已成功運轉，日產沼氣 4000m³，發電裝置 330kw，也帶動產官學的投入；火苗已燃，薪柴已備，結果可期！

投身地工 25 年，參與了「海埔地開發」、「高速公路」、「捷運」、「高鐵」、「輸電系統」等各類型工程；率領的優秀團隊，在臺灣地工發展史上，樹立不少里程碑。兩件事，頗值一記：

(1) 在台北捷運新莊線之前，「土壤冰凍」工程，一向是日本冰凍廠商高價壟斷的市場；日本廠商塑造的技術神話，也一直被工程界所信服，無人挑戰。既然，高技術形成高門檻，高單價代表高獲利！萬鼎團隊於是鎖定土壤冰凍，進行跨領域的合作研發，建立了完全是 MIT 技術的『土壤冰凍設計及施工團隊』。先在雲林科大現地模擬施工試驗，証明了技術能力，也獲得主承商榮工公司的支持；而後承攬新莊捷運線，過淡水河段的高難度水平冷凍及垂直冷凍工程，順利成功。此後，土壤冰凍價格合理化；日本廠商，從此退出台灣市場！

(2) 工程顧問業傳統經營模式的困境即，用人多、學歷高、獲利少，正好是知識經濟的反面教材。「萬鼎」為求改變，乃由純設計轉型為『設計、施工一體的統包』。這一步，要有豐富紮實的地工專業，同時得徹底改造企業文化；所有設計，要求安全、合理和施工便利；省所當省，用所當用。成本降低後，因採用與營造廠聯合承攬，共享利潤的商業模式，完全翻轉以往低獲利的宿命！

地工是營造工程的次產業，在基礎建設大幅萎縮的今天，地工產業能否有自己的機會呢？我倒是不悲觀；答案在藉由跨領域的技術應用做創新，但是有段長路要走。有幾則跨領域奇想與地工同業分享，希望拋磚引玉，帶出同業更多、更好的想法，造福地工產業。

(1) 以擠壓炸彈做基樁施工

土壤力學雖是從 20 世紀 Terzaghi 開始，但是地工產業 2000 年前就有了祖師爺一盜墓者！他們先探洞（地層調查孔），由取出的土樣研判，是死土（自然沉積土）或是活土（人工夯土或回填土），藉此確定墓穴的方位，然後開挖盜洞（豎

井、橫坑)。時至今日，盜墓者不只使用洛陽鏟探洞，還動用透地雷達、金屬探測儀、氣體分析儀等先進的設備做墓穴定位。更神奇的是，挖盜洞也已進化到使用擠壓式炸彈；這種炸彈是大陸野戰軍的裝備，用以挖戰壕；只要擲下一彈，就會出現一個圓洞，洞內的土不是被炸飛，而是受爆炸力後，向四周擠壓，洞外見不到土。盜墓者跨領域應用了軍火，一連幾個炸彈下去，就是一個盜洞！

【奇想】

地工同業們習慣由既有的施工機械，考慮問題的解決方案，現在何不來個應用軍火的角度思考！如果將這擠壓炸彈用在地工產業，豈非是大革命？譬如，基樁的孔洞挖掘，若改用擠壓式炸彈，就不必動員大型機械，可以節省造價、縮短工期，順便賺個節能減碳的名聲。

至於樁的承載基制更是大不同，摩擦力是由經過側向擠壓改良的土壤提供，已非原狀土，單單這個題目就有多少研究可作。樁底承載的破壞線發展，必須通過側向擠壓改良土，可能樁的承載力會大幅提高，屆時，樁底灌漿、擴座這些增加承載力的方案都可免了。

再如，抽砂回填新生地土壤改良，現行使用的各種工法，不論是振動夯實砂樁、振動揚實、動力夯實乃至炸震，都各有缺失，擠壓炸彈應該是值得一試的好方法。整個構想，要做研發不難；難處只有一項，就是炸藥的取得！地工同業不乏神人，總會有辦法的！

(2) 以基因改造植物做為地工加勁材

丹麥有一家亞里沙生物偵測生技公司 (Aresa Biodetection)，專攻基因改造植物，用以偵測地雷及土壤金屬汙染。原理是改變庭園小草阿拉伯芥的基因，當阿拉伯芥的根部偵測到土壤中含有地雷腐蝕外漏出來的常見炸藥成分，例如二氧化氮，整株草就會在 3~6 週內，由綠色變成紅色，藉此即可標定出地雷的位置，進行移除、引爆。

【奇想】

地工設計常應用 Root Pile 或 Soil Nailing 加勁土壤；如果能篩選深根系植物，做基因改造，讓植物根系能長得更深、更粗、更快，成為地工構造物，滿足工程需求。以後大地工程師設計的 Root Pile 加勁系統，地表下就不再是成列單根孤立的水泥砂漿插鋼筋的孔洞，地表也不再是裸露醜陋的帽樑；取而代之的是，地下眾多糾結、互制的 3D 植物根系，地面則一片綠意盎然。

臺灣生物科技強，地工也強，但兩者無啥交集；如果辦幾場座談，把地工常用的工法及工法的目的等等和生物科技業者交流，或許真能開發出，可以滿足工程需求的基因改造植物。那可就是獨步全球的創新技術，背後商機無限。有朝一日，土壤力學教科書或許會有一章，專門探討土壤與植物根系互制後的 3D 複合土體行為。

(3) 利用微生物做土壤改良

2007 年 12 月，時代雜誌選出當年度最受矚目、激賞的發明，美國加州大學 Davis 分校的一項研究獲選。這項研究是將巴氏芽孢桿菌 (Bacillus-Pasteurii) 和營養液注入土壤中，微生物在成長過程中會產生鈣質，發揮膠結土壤的效果。換言之，就是利用微生物取代傳統灌漿材料 (水泥、化學藥劑等) 達到土壤改良的效果。

【奇想】

這個概念要達到實際工程應用，必須克服的問題很多。諸如，如何針對工程目的及地層條件篩選適合的微生物？如何將微生物注入至特定深度？如何控制微生物垂直及水平擴散速率？範圍？這些問題，須要微生物專家及地工專家，共同尋求答案。個人覺得歐章煜教授研究多年的電誘灌漿技術，或許可以解決部分難題。如果，在現有基礎下結合國內微生物專家，做跨領域的整合研究；臺灣在這方面應能後來居上，快速將此發明推進到實用的程度。

跨領域走出新機會！馬年新春與地工同業共勉！