

地工技術

編者的話

冀樹勇

數值分析是電腦科技的延伸應用技術，其隨電腦軟硬體技術的發展而精進，在過去的一、二十年間，大地工程的規劃設計與施工已大量採用數值分析方法以提供日益複雜的工程問題決策參考。傳統大地工程設計以簡化分析或套用經驗公式為之，對應之設計規範亦基於同樣方式訂定，數值分析的導入，包括軟硬體的發展，使大地工程設計趨於精緻與精確，亦可考慮較為複雜而以往無法仔細考慮的地工材料與工程構造物的互制行為。時至今日，數值分析已成為工程分析設計的必要工作項目。

地下水壓力作用、施工過程與結構互制行為的模擬、材料非線性塑性行為與網格元素應力常處於解壓狀態等為地工數值分析主要特性，亦為地工分析程式所必須具備的基本功能。連續體與非連續體模擬亦為地工數值分析所必須考慮的程式適用性問題，尤其在岩盤工程分析上更須謹慎。因為大地工程材料的變異性與區域特性，使材料模式行為成為數值分析的關鍵，數值分析所需之材料參數需配合地工試驗獲得，誠如歐章煜教授於贈言「利用數值分析精緻化大地工程的分析」中所述，理論愈完整的材料模式，其所需參數愈有機會直接從室內試驗或現地試驗獲得，所分析的結果愈能符合實際發生的物理現象，至於材料模式的發展則有賴於學術研究的努力。

Potts (2003)曾於 *Geotechnique* 期刊之 Rankine Lecture 中歸納數值分析的優點及於傳統經驗分析設計程序的角色定位，並以分析案例突顯數值分析的價值，其中數值分析最大的優點在於可藉由數值試驗，重複分析不同設計方案所產生的結果，以便獲得最佳設計。另外一方面，數值分析常被認為是數值遊戲，主要歸因於對於

對數值模式的認識不清、輸入參數的誤用與缺乏對於分析結果合理性的判斷能力，故在使用數值分析程式時應注意下列事項：

- (1) 程式之基本限制與分析正確性
- (2) 對欲分析問題之適用性
- (3) 材料模式之適用性
- (4) 材料參數之評估
- (5) 施工模擬之真實性
- (6) 分析結果之合理性

鑑此，本專輯主要針對數值分析技術在大地工程的若干實務案例應用，提供工程界參考，其中包括深開挖、邊坡穩定、樁基礎、基礎沉陷、地震分析與複雜結構互制影響等，案例內容涵括一般大地工程主要分析類型，所採用工具由簡單的一維設計程式至複雜的三維分析程式，希望工程師於使用數值分析軟體時，能確實掌握各分析軟體的適用性，以避免誤用。另為因應未來社會環境變化與對於大地工程師的專業要求，專輯首先以莫若楫博士的「二十一世紀的大地工程師」一文，將大地工程師所面臨的挑戰及因應挑戰所須具備的條件與態度作一剖析；最後再以倪用端先生等所著「聖文森橫貫山區道路特殊工程環境規劃概述」與讀者分享，其詳細介紹山區道路調查、選線、規劃及設計之歷程與特殊因素考量，值得設計工程師參考。

目前國內的深開挖工程設計除遭遇特殊問題外，一般仍以 RIDO 或 TORSO 程式分析為主，謝旭昇博士等之「淺論中小型基地之連續壁設計」主要延伸扶壁設計概念，探討如何將擋土壁的三向度效應納入設計考量；在邊坡穩定方面，林德貴教授與吳正義先生依據既有數值分析工具、分析技術及案例經驗，建立一個降雨引至

土砂災害的數值模擬程序，為數值分析程式的整合應用，惟因文中採用多個分析程式，為讓讀者確實掌握各分析程式之應用性，故文章篇幅較長；模擬樁底灌漿對試樁結果的影響為江健仲教授等以數值分析在樁基礎工程的初步嘗試，希望後續能有更進一步的試驗結果驗證；另一有關樁基礎的論文為盧之偉教授等的地震引致土壤液化造成的樁基礎破壞案例分析，文中以三維有效應力模式探討日本神戶地震引起群樁基礎破壞機制，材料模式與案例驗證為該文的重點。

接續四篇文章則以國內重大工程為分析案例，包括2009高雄市運主場館棧筏共構與捷運車站、潛盾隧道及樁基礎等複雜互制問題分析評估，前者係林婷媚小姐等以二維數值分析探討世運主場館因結構荷重與地層分部不均所產生的差異沉陷，及其對於結構體造成的損壞影響；其餘工程分析案例皆藉助三維分析模式進行，顯示其問題的複雜度。陳卓然博士與何泰源經理探討軌道行車對於鄰近深開挖擋土支撐的影響，其分析模型包含列車的動態載重模擬及邊界條件的設定，值得類似問題數值分析參考；張榮峰博士等分析潛盾隧道受樁基礎施工及載重的影響，及賴建名先生等分析深開挖與潛盾穿越對於既有捷運車站的影響，其探討重點皆為鄰近施工對於既有結構物產生的影響，顯示此等問題於都會區已相當普遍，而透過更詳細的數值模擬尋求因應方案已成趨勢。

Spink於1996年設立GGSD(Geotechnical & Geoenvironmental Software Directory)網站(網址<http://www.ggsd.com>)，其將所有的已發行的大地工程及環境地工電腦程式應用屬性進行分類，將程式功能介紹建立查詢介面，並與程式來源建立連結，以方便使用者尋找解決問題的分析工具。目前該網站收錄822個全球程式供應者與1732個電腦程式資訊，網站仍持續每年更新四次，透過程式發展者的資訊提供，可了解大地工程數值分析的最新狀況，值得工程師參考。

大地工程數值分析的發展趨勢，可由新分析程式的發行與既有分析程式功能提升看出，以下僅對大地工程數值分析發展作一簡單歸納：

1. 增加材料組成率模式

材料組成率為大地工程數值分析的關鍵，因為地工材料的非線性與非彈性，及其隨應力狀態的行為反應，包括與地下水的互制行為，往往左右分析結果。目前工程實務上岩土材料仍以莫爾庫倫彈塑性材料模式為主，因為其參數可透過試驗容易取得，但並非所有問題皆適用，故較大型或專業的地工分析程式，皆陸續增加各種地工材料的組成率模式，以滿足使用者對於應用上的需求。值得注意的是，使用者一定要在使用前深入了解該等材料模式的發展條件、適用的材料特性、所需辦理的試驗與配套之參數評估流程，以避免使用時流於數值遊戲。

2. 友善化程式使用介面

工程師理想的數值分析程式是功能強大且具備簡而易用的使用者介面，但魚與熊掌不可得兼，功能強大的程式，使用上必定存在某程度的複雜度，所幸目前程式發展，其前後處理模組皆以圖形化介面呈現，甚至與CAD設計圖或分析計算書結合，部分程式更提供不同材料的參數輸入建議值，供新使用者或年輕工程師分析參考。

3. 預留使用者自行擴充彈性

目前對於較為複雜而一般商用程式功能無法滿足的問題，部分商用分析程式提供了使用者自行擴充功能的選項，本項功能大大提升了分析程式的適用性，亦為地工研究者理想的研究分析工具，畢竟要從頭開發一套完整的分析程式，其所需人力資源已不符合現代科技發展模式。包括FLAC、PLAXIS與ABAQUS等，其程式之數值計算核心已發展相當成熟且收斂穩定，使用者僅需依據分析需求建構相容的程式碼即可自行擴充分析功能，常見的功能擴充主要在自訂材料模式與離散網格元素。

地工技術

4. 結合設計計算書需求

設計計算書為工程師進行工程設計時所必備的文件資料，以往都由工程師依據分析程式之輸出檔案自行撰寫連接程式處理，目前部份程式也已將此部分列入基本功能，以提高工程設計效率，此舉主要著眼於商用程式的應用推廣性。

5. 結合地理資訊系統(GIS)分析應用

潘國樑博士於薪傳中預測，全球變遷將為21世紀熱門課題，未來全球Geohazard災害將更多，規模會變得更大，新科技的發展將為重點，當然也包括因應區域坡地災害所發展的數值分析技術。因應此發展趨勢，目前已有無限邊坡穩定理論結合GIS分析工具的數值分析程式，惟其應用上仍有參數代表性問題有待克服。

不論數值分析功能如何強大及分析模式如何複雜精確，使用數值分析的工程師一定要有基本的結果合理性判斷能力，以理論或經驗公式檢核複雜數值分析的結果，如此才能彰顯數值分析的角色功能。

121期 更正

目錄(英文) Editorial.....Meei-Ling Lin

第113頁 高宗正先生職稱誤植應為高宗正 副局長

122期 更正

圖版: 圖版中太麻里溪出海口的照片上下顛倒, 更正如本期第117頁。

第122頁: 「圖十四 第十二號橋災後現場實照(資料:公路總局)」、「圖十五 第十二號橋遭受土石流沖毀情形(資料:公路總局)」、「表六 第十二號橋災前、災後之河床變化(資料:公路總局)」之引用資料有誤, 正確應修改為「圖十四第十二號橋災後現場實照(林呈教授提供)」、「圖十五 第十二號橋遭受土石流沖毀情形(林呈 教授提供)」、「表六 第十二號橋災前、災後之河床變化(林呈 教授提供)」; 第122頁參考文獻「陳天健(3009), 莫拉克風災累積雨量圖」之引用年度有誤, 正確應修改為「陳天健(2009), 莫拉克風災累積雨量圖」。

第143頁: 中文題目「遽變式山崩之PFC3D模擬初探—以草嶺與村為例」應為「遽變式山崩之PFC3D模擬初探—以草嶺與小林村為例」

第149頁: 4.2 應為 4.2 小林村之三維模擬結果