



編者的話

李安歡

主題：地工與地質模型不確定性之探討與應用

國際上近30年來，可靠度理論愈來愈廣泛應用於大地工程的實務中，同時也是國內外規範的新發展方向，然而造成大地工程計畫不確定的原因，除了一般的人為與自然(降雨、地震)等因素外，不確定性還來自於地質模型無法完全掌握、試驗與分析模型的差異、及地工材料本身的不一致性。感謝產官學研各界先進的支持，順利完成本期「地工與地質模型不確定性之探討與應用」主題，其中包含11篇文章，分享目前對於大地工程不確定性的影響並探討可能思考或處置方法，內容多以案例方式討論，內容相當精彩。

第一篇論文是由財團法人中興工程顧問社丁禕等人所撰寫的「工程地質調查成果不確定性與呈現方式探討」。文中討論台灣規範土地利用開發或工程建設方面之法規，並提出以解決地質問題為導向之工程地質調查流程，強調提出假說、呈現地質調查成果、揭露關鍵地質問題，以及驗證初期假說之重要性。雖然相關法規關注的面向各有不同，但都要求在開發前進行地質調查以了解基地及周遭地區的地質特性和潛在的地質影響因素，而這些調查提供了充分的地質資訊，作為後續土地利用或工程設計的基礎。由於調查之不確定性，透過研究工程地質調查紀實成果，以及分析性成果的不確定性類型和原因，探討於建立地質模型時如何合理呈現這些不確定性。

第二篇論文是由亞新工程顧問股份有限公司游中榮等人所撰寫的「IAEG工程地質模型建構應用指引與地質模型不確定性」。文中探討國際工程地質與環境協會(IAEG)於2019年制訂之「專案計畫工程地質模型之建構與應用指引」。該指引代表對地質條件的理解，為

整合工程地質知識提供框架，協助工程決策及評估潛在地工程風險。其中，工程地質模型(EGM)的建立使專業人員能預測專案計畫現場可能情況，評估地下情況對專案計畫的不利影響，故該指引提供建立EGM的操作流程，明確化地質模型的建立過程，針對EGM進行可靠度評估與審查，提升EGM的可靠度，降低工程專案風險。

第三篇論文是由中央大學盧育辰等人所撰寫的「考量地層層界及地工參數空間變異性之Vs30分布圖～以臺北盆地測試區為例」。文中敘述一套考慮地層層界和地工參數不確定性之機率式平均剪力波速(Vs30)評估模式，研究利用近期發展的相依地層和地工參數的隨機場生成一系列地層及相關地工參數的空間模型，透過剪力波速(Vs)轉換式，將土壤孔隙比和垂直有效應力轉換為三維的Vs值空間分布，然後轉換為Vs30平面圖，包括其平均值和不確定性。再透過與過去使用傳統方法得到之結果進行比較，顯示該方法於呈現Vs30空間分布不確定性方面之優勢，以及地質模型對Vs30空間分布的重要性。

第四篇論文是由台灣大學卿建業等人所撰寫的「地工結構性能資料庫的建置與應用」。文中描述了一篇基於載重試驗資料庫、LCPC MOMIS數值模型校驗、國際預測競賽和ISSMGE調查報告之研究，詳細分析了不同地工結構性能預測模型的不確定性，其中，地工結構包括基礎、邊坡與路堤、隧道與開挖、加勁擋土牆與土釘牆等。計算結果以模型因數(實測值/計算值)的均值 λ (偏差)和變異係數COV(離散程度)來進行表示，並歸納出最理想的模型因數。

第五篇論文是由臺灣科技大學溫修程等人所撰寫的「耦合馬可夫鏈於土壤液化潛能評

2 編者的話

估之應用」。文中描述了目前區域性液化潛能評估的傳統方式，即先對區域內各鑽孔進行液化潛能評估，再使用克利金方法內插計算鑽孔間之液化潛能指數，最終生成土壤液化潛勢地圖。而由於真實的地質結構複雜，且具有不確定性，可能導致在設計、施工、營運過程中發生誤判，為解此問題，透過引入了耦合馬可夫鏈(CMC)進行地層剖面之生成，並以均質和隨機場兩種方式進行土層參數的設定後，進行液化潛能評估，並與傳統方式進行比較。

第六篇論文是由臺灣大學廖國偉等人所撰寫的「自適應克里金坡地穩定可靠度分析」。文中透過使用了可以模擬大規模變形之物質點法分析邊坡運動過程，考慮七個常見的地文與水文相關條件，找出對崩塌發生具有關鍵影響性的土壤參數或水文條件。由於邊坡是複雜系統，相關參數與模式的不確定性需要被合理量化，故引入可靠度分析方法，利用MATLAB程式呼叫物質點法之分析結果，進一步建立克里金替代模型來計算失效機率。最後透過對各參數進行敏感度分析，得出對於邊坡系統失效機率影響性最大的參數。

第七篇論文是由臺灣科技大學葉馥瑄等人所撰寫的「隨機場有限元素法入門～大地工程之應用」，文中透過考慮土體參數的隨機變化，引入了蒙地卡羅方法，對不同土層隨機場但相同邊界條件的模型進行重複性分析，並透過機率法求得破壞機率。選擇數值分析軟體PLAXIS2D進行邊坡穩定性分析，在該平台下進行自動化隨機場邊坡分析，並對分析結果的安全係數進行機率統計，同時對邊坡潛在破壞面進行歸類。透過此範例，展示如何將隨機場和自動化方法廣泛應用於大地工程問題分析中。

第八篇論文是由中央大學王瑞斌等人所撰寫的「土壤液化參數敏感度分析」。文中探討大地工程和地質不確定性對土壤液化評估之影響，透過PGA之機率分佈作為考慮地質不確定性，並以標準貫入試驗之N值(SPT-N)值之機率分佈作為大地工程不確定性，使

用了台北地區的數據進行分析，利用蒙地卡羅之機率機制，以根據台灣的液化案例進行開發之評估方法HBF作為土壤液化評估之計算模型，評估參數之敏感度。根據其研究，提出對於土壤液化分析新觀點之討論，並對參數化研究提供未來之願景。

第九篇論文是由萬鼎工程服務股份有限公司陳湧文等人所撰寫的「離岸風電地盤反應分析之參數不確定性探討」，文中敘述離岸風電特定場址地盤反應分析(SSRA)的目的和流程。而SSRA分析主要之目的，為評估在設計地震歷時下，從堅實地盤傳遞至風機位置的土層特性，以獲得結構動力分析所需的特定場址地震歷時。而於地盤反應分析的流程中，地質模型是根據場址調查結果建立，而輸入地震歷時則來自機率式地震危害度分析(PSHA)的成果。分析流程中，不確定性來源大致可分為輸入地震、分析方式、土壤剪力波速和土壤動態參數，由於目前國內對於海床土壤及CPT試驗相關研究相對缺乏，文中重點探討土壤剪力波速及土壤動態參數的不確定性，蒐集國內外文獻並提出建議，以降低這些參數的不確定性。

第十篇論文是由淡江大學黃富國等人所撰寫的「SPT-N鑽桿能量比分析及其對土壤液化潛能影響之探討」，文中探討地震引致之土壤液化對建築物、橋梁和管線等基礎設施的損害。而於液化評估中，使用標準貫入試驗之N值(SPT-N)作為基準進行簡易評估，透過蒐集了過去幾年來臺北市等九個縣市政府執行中級液化潛勢圖資計畫所得之鑽孔之ER數據，進行整理和迴歸分析，探討了能量比ER與地層深度、土壤類別、SPT-N值、地下水位以及施作工班人員等因素之間的關係。並以臺北盆地為例，分析了採用不同鑽桿能量比ER對液化潛能指數PPL之影響。

第十一篇論文是由三力技術工程顧問股份有限公司謝旭昇等人所撰寫的「考慮土壤液化之筏式基礎設計(2023)」，文中對新版耐震設計規範和基礎設計規範中有關土壤液化的相關條文，特別是對於考慮土壤液化影響下之

筏式基礎設計考量，雖然新舊版設計規範都允許考慮土壤液化後的殘餘強度，但新版的可使用折減係數遠低於舊版，因此需調整基礎設計方式，文中以實際案例說明了如何計算土壤液化後之地盤反力係數和容許承载力，並簡要介紹了土壤改良的設計方法，以避免土壤液化。

這些研究涵蓋了地質工程、工程地質調查、地質模型建構、地盤反應分析、土壤液化評估等多個方面，深入探討了在不同條件下的不確定性以及對工程設計和安全的影響，無論是從規範，還是以數值分析之角度探討地工與地質模型不確定性，皆提供了工程界於設計時更多解決此問題之想法以及建議。

本期薪傳專欄由經濟部地質調查與礦業管理中心林錫宏等人主筆，對前地調所林朝宗所長致敬，林所長擔任國中物理老師時考取應用地質師，而後進入台灣省礦物局從事測繪工作，在地調所成立後，林朝宗先生由技士開始直到所長退休，期間還遠赴荷蘭與西班牙完成其研究工作。先生在地調所服務超過30年，將傳統地質推向實際社會應用不遺餘力，於民國78年開始，推動將地質資料資訊化與數位化並奠定基礎，其功效也在921地震調查工作時顯現。林所長認為工程地質及大地工程的從業技師或工程師，應該要互相學習瞭解不同領域的知識技術，能夠充分溝通，在有限的資源下，使得設計與施工能夠更臻至理想。