

# 第一章 緒論

本章首先闡述研究動機與目的並做文獻回顧，再說明研究方法與步驟，最後簡介各章節內容。

## 1.1 動機與目的

台灣地區多山且可供利用之平地漸趨飽和，坡地開發儼然已成為不可避免之趨勢。由於地質與水文等自然條件欠佳，加上人為不當利用，坡地極易發生潛能破壞造成災害。因此，坡地穩定之研究分析，顯得極其迫切且重要。

一般而言，坡地穩定可利用調查與量測或數值模擬等方法加以分析。藉由現地調查與量測所得之相關資料，如土壤之變形量與剪力強度等，可以解析出坡地潛在破壞位置，但是此種分析方法常需要大量的現場實測資料才能獲得較可靠之結果，所以較費時費力，且不符合經濟效益。極限平衡法(limit equilibrium method)乃是一般坡地穩定分析常用之方法，如 STABL 商用程式為了找出潛在滑動面，需要假設許多條件及採用試誤法等方式。然而，隨著電腦科技之蓬勃發展，數值模擬由於具可變性且較經濟，已被廣泛地應用於坡地穩定分析中。

有限差分法(finite difference method)以及有限元素法(finite element method)乃是兩種常被使用於坡地穩定分析以及大地工程相關問題計算之數值方法。例如商用程式 FLAC 與 ABAQUS，就是分別利用有限差分法以及有限元素法建構而成。一般而言，有限差分法較有限元素法容易建構，但卻不易處理不規則邊界之計算，且準確度

可能較有限元素法差。相反地，有限元素法雖然可能較有限差分法準確，並可以容易地處理任何不規則計算邊界之模擬，但是卻較有限差分法不易建構。因此，如何利用容易建構且精準度高之數值方法，模擬坡地破壞潛勢，乃是一值得探討的課題。

有限解析法(finite analytic method)由佛羅里達大學工學院院長陳景仁(Chen, C.J.)教授於 1980 年所提出，已利用於計算流體動力學(computational fluid dynamics)以及地下水質量傳輸(groundwater mass transport)多年，獲得不錯之模擬結果。有限解析法乃是利用局部解析解(local analytic solution)建構離散方程式(discretization equations)，因此不但具有無條件穩定收斂(unconditionally stable)之特點，且其準確度可能高於有限差分法且與有限元素法相當(Hwang, 1985；Chen, 1995)。此外，有限解析法更可在對角卡氏座標(diagonal Cartesian coordinates)系統下，處理不規則模擬邊界之計算問題，所以有限解析法與有限差分法一樣，較有限元素法容易建構。

本研究之主要目的在於，嘗試利用有限解析法配合對角卡氏座標，模擬坡地破壞潛勢，並希望將有限解析法介紹給大地工程計算相關研究人員使用。

## 1.2 文獻回顧

天然坡地之地形可視為連續對稱無限延展之形狀，如圖 1.1 所示。Toth (1963)與 Freeze and Witherspoon (1966、1967)假設地下水位等同於坡面，分析坡地內部穩態(steady state)之水流狀況，結果發現地下水補注發生在接近坡地坡頂處，而出流則發生在坡趾附近。Forster and Smith (1988a,b)則進一步假設地下水位為自由液面，分析

坡地內部二維、穩態之水流狀況，結果發現地下水流況與前述不考慮自由液面之分析相似，且在潮濕氣候狀況下，地下水位會接近於坡面。此外，不考慮水流作用，分析坡地內部應力分布狀態者如 Perloff et al. (1967)、Duncan and Dunlop (1969)、Phukan et al. (1970)、Hoyaux and landanyi (1972)、Sturgul et al. (1976)、Silvestri and Tabib (1983a,b)、McTigue and Mei (1981)與 Savage et al. (1985)。

至於坡地穩定之分析，一般常利用極限平衡法，即不考慮土體之變形下，以試誤法來預測坡地破壞滑動面之位置。Hodge and Freeze (1977)、Rulon and Freeze (1985)、Iverson and Major (1986、1987)以及 Nash (1987)皆引用極限平衡法並考慮水流之作用，探討坡地穩定。研究發現地下水流流場對坡地之穩定影響甚巨。Fredlund and Rahardjo (1995)、Ng and Shi (1998)以及 Fourie et. al (1999)等則進一步以極限平衡法分析未飽和狀態下之邊坡穩定。Yu et al.(1998)則利用有限元素法和極限平衡法的上、下限定裡分別研究邊坡穩定分析，並與 STABL 中的模式作比較。

為了可以同時耦合考慮水流以及土體變形之作用，以使坡地穩定分析之理論更加完善且準確。Zienkiewicz et al. (1968)、Ter-Martirosyan and Akhpatelov (1972)、Zienkiewicz (1977)與 Louis et al. (1977)分析水流為穩態，飽和坡地內之流場與有效應力分布。Sandhu and Wilson (1969)、Zienkiewicz et al. (1977) 則進一步探討水流為非穩態(unsteady state)，飽和坡地內土體之有效應力分布。Iverson and Reid (1992)並依據摩爾-庫倫破壞準則，分析坡地之破壞潛能。邱彬晟(2002)則利用有限差分法法應用在不規則坡地上，且考慮坡地載重以及降雨積水滲流等作用，分析乾土與飽和土體坡地之破壞潛能變化。結果顯示乾土與

飽和土體坡面附近之破壞潛能有明顯之差異。由於水流之影響，於坡面處飽和土較乾土易產生潛能破壞。

Chen and Li (1979) 和 Chen et al. (1981)首先介紹有限解析法應用於熱傳問題。有限解析法(Chen and Chen, (1982, 1984))則是從局部的解析解推得計算元素之離散代數式，而沒有有限差分法中的泰勒級數公式，也沒有有限元素法中的形狀與權重函數，且有限解析法擁有局部解析解的特點，因此可減少因數值方法所產生之誤差。

有限解析法發展至今，已應用於解非穩態 Navier-Stokes 方程式，如 Chen and chen(1984 a,b)、Chen and Cheng(1984)、Aksoy and Chen(1989)、Aksoy and Chen(1992)、熱傳方程式，如 Chen et al.(1981)、Chen and Li(1979)、Chen(1999)以及地下水質量傳輸，如 Hwang et al(1985)則是首先利用有限解析法應用於二維地下水污染傳輸問題。Li et al.(1992)則針對一維污染傳輸問題使用拉普拉斯轉換，可模擬較大範圍的 Peclet number、陸續 Tsai and Chen(1995)、Tsai et al.(2000)則分別對非穩態地下水流以及未飽和層問題亦獲得不錯之模擬結果。此外，當處理不規則模擬邊界之計算問題時，為了避免座標轉換過程中所產生的誤差，因此有限解析法發展出可配合對角卡氏座標系統處理不規則模擬邊界之計算(Tsai, 1993；Tien, 1993；Lin et al, 1996；Lin and Chen, 1997)，而無須透過座標轉換處理不規則模擬邊界。

### 1.3 方法與步驟

本研究利用有限解析法配合對角卡氏座標系統，並根據多孔彈性介質理論與摩爾-庫倫破壞準則，模擬連續對稱無限延展坡地之破壞

潛能。研究中，將連續對稱無限延展之坡地，簡化為飽和垂向二維問題，並且僅分析山脊至山谷間之穩態破壞潛勢，如圖 1.2 所示。

本論文之研究步驟流程，如圖 1.3 所示，首先必須瞭解如何利用多孔彈性介質理論與摩爾-庫倫破壞準則，分析坡地破壞潛能，也就是所需控制方程式以及邊界條件之建立(如第二章所述)，並且瞭解有限解析法之離散理論與特性，以及探討如何將有限解析法應用於坡地破壞計算(如第三章所述)。接下來撰寫有限解析法坡地破壞潛能程式，經利用具有解析解之簡單案例驗證程式之正確性後，再模擬坡地破壞潛能，並探討不同坡面形狀下，相關地質參數對坡地破壞潛能之影響(如第四章所述)。最後，對本研究做結論，並提出建議(如第五章所述)。

#### 1.4 章節介紹

前面已闡述本研究之動機與目的、文獻回顧與研究方法與步驟，以下將要扼要說明各章節之內容。

第一章為緒論，說明本研究之動機與目的，回顧坡地穩定分析之文獻，並提出本研究之研究方法及步驟，最後做章節介紹。

第二章為理論基礎，闡述本研究分析坡地破壞潛能所使用之理論基礎，包括說明水流控制方程式、土體靜力平衡方程式、邊界條件、摩爾-庫倫破壞準則以及定義破壞潛能。

第三章為有限解析法之簡介與應用，首先簡介有限解析法，再探討如何將有限解析法應用於坡地破壞計算，最後利用具有解析解之簡單案例測試有限解析法之特性。



第四章為有限解析法坡地破壞潛能模擬，根據控制方程式(第二章)以及有限解析法(第三章)撰寫有限解析法坡地破壞潛能程式，再利用具有解析解之案例驗證程式之正確性，最後模擬坡地破壞潛能，並探討不同坡面形狀下，相關地質參數對坡地破壞潛能之影響。

第五章為結論與建議，除了針對本論文之研究結果做綜合性之說明外，並對未來可進一步研究方向提出建議。

