

土石流流動模擬技術於災害風險區劃定及 災損評估應用之研究

林德貴^[1] 徐森彥^[2] 趙啟宏^[3] 溫惠鈺^[3] 許世孟^[3] 顧承宇^[4] 冀樹勇^[5]

摘 要 本研究採用二維有限差分法數值分析程式，針對花蓮地區之土石流潛勢溪流，進行災害風險區劃定及災損評估。首先，藉由參數敏感度分析，來探討各數值運算參數及材料特性參數之輸入值，對數值計算結果之影響。隨之，經由特定土石流事件之土石災害影響範圍之計算值與其觀測值之比對，即可決定一組適用於現地土石流流動模擬之參數組合並建立一套標準化之土石流流動數值模擬程序。採用上述數值模擬程序，可針對花蓮地區之土石流潛勢溪流，在不同災害規模設定條件下，模擬土石流流動之可能影響範圍及其流動深度分布。依據影響範圍及其流動深度之計算結果，即可進行土石流潛勢溪流影響範圍之劃定及災害風險之等級評估。透過定義土石流影響範圍內之災損元素，及二維有限差分法數值分析程式之災損計算模組之演算，即可獲得土石流影響範圍內之災損價值。本研究之分析成果，除了可提供土石流防災單位，在執行土石流相關政策及資源運用時之參考依據外，對於土石流潛勢溪流之災損評估方面亦提出一個較科學的量化計算方法，以供後續防災、救災與減災作業之參考。

關鍵詞：土石流潛勢溪流、影響範圍之劃定、災害風險、災損評估。

Applications of Simulation Technique on Hazard Zone Delineation and Damage Assessment of Debris Flow

Der-Guey Lin^[1] Sen-Yen Hsu^[2] Chi-Hung Chao^[3] Hui-Yu Wen^[3]
Shih-Meng Hsu^[3] Cheng-Yu Ku^[4] Shu-Yeong Chi^[5]

ABSTRACT This study performed a series of hazard zone delineations in creeks with potential of debris flow and damage assessment in the Hua-Lien district using a two-dimensional (2-D) finite difference numerical tool. The input values of various numerical parameters and their influence on numerical calculation were investigated by sensitivity analyses. Subsequently, a set of parameters which are appropriate for the simulation of debris flow motion can be determined by comparing computed influences zone with those from observations. Using the aforementioned

-
- [1] 國立中興大學水土保持系副教授（通訊作者）
Associate professor, Department of Soil and Water Conservation, National Chung-Hsing University, Taichung 402, Taiwan. (Corresponding Author)
E-mail: dglin@nchu.dragon.edu.tw
- [2] 國立中興大學水土保持系博士研究生
Doctoral student, Department of Soil and Water Conservation, National Chung-Hsing University, Taichung 402, Taiwan.
- [3] 中興工程顧問社大地工程研究中心研究員
Research Engineer, Geotechnical Engineering Research Center, Sino-tech Engineering Consultants, Inc.
- [4] 國立台灣海洋大學河海工程學系助理教授
Assistant professor, Department of Harbor and River Engineering, National Taiwan Ocean University, Taiwan.
- [5] 中興工程顧問社大地工程研究中心經理
Manager, Geotechnical Engineering Research Center, Sino-tech Engineering Consultants, Inc.
E-mail: d9642001@mail.nchu.edu.tw

numerical simulation procedures, the influence zone and the distribution of flow depth of debris flow motion in creeks with potential of debris flow can be simulated under various debris flow intensities. According to the calculation results of influence zones and the flow depth of debris flow, the delineation of influence zones and hazard assessment can be achieved. Through the definition of damage elements within influence zone and the flood damage estimation module in the 2-D finite difference numerical tool, the damage value within the influence zone of debris flows can be calculated. In addition to providing public agents or the private sector with the necessary information for executing relevant policies and resource allocation toward debris flow prevention, this study proposes a scientific and quantitative method which enables a systematic analyses of damage assessment in potential debris flow torrents.

Key Words: creeks with potential of debris flow, delineation of influence zones, disaster risk, damage assessment.

一、前言

台灣特有之地質、地形及氣候條件，符合土石流發生之三要素：極端事件的降雨、適當的地形坡度及足夠的土石材料，使得台灣地區之土石流或邊坡崩塌等土石災害頻傳。近年來又因都市開發頻繁，使得住宅區臨近山坡地，以致於土石流發生時易造成生命財產之大量損失，且善後之整治及後續處理問題亦造成政府單位與社會相當之負擔。以花蓮縣為例，民國 79 年 6 月歐菲莉颱風期間秀林鄉銅門村爆發之土石流，造成房舍全毀 24 間，半毀 11 間，29 人死亡、6 人失蹤之慘劇及重大經濟損失，此亦為上世紀末台灣重大土石流災情之一。

歐、美等先進國家在很早即針對土砂之影響範圍進行劃分，並施行土地管制措施，以確保位居於山坡地與山麓谷口扇狀堆積地區居民之生命財產安全。在國內，國家災害防救科技中心亦針對地勢低窪之洪水平原區與海岸地區，進行洪水氾濫區之劃分及預估可能發生之淹水潛勢情形；而近年來隨著數值模擬技術的進步，已有部分國內學者使用數值模擬方式來模擬解析土石流相關問題，但多僅限於土石流可能堆積之影響範圍劃設，較少數有進一步的引入風險等級的概念來定義土石流影響範圍內之受災害風險高低，同時進行土石流影響範圍內之災損價值評估。因此，本研究將採用數值分析模式，並以花蓮地區之土石流潛勢溪流為示範區，進行土石流流動模擬極其影響範圍劃定後，再進行土石流影響範圍內之災害風險區劃定及災損評估。

二、本研究數值模式簡介與建立

有別於傳統經驗公式，近年來隨著數值模擬技術的進步，國內、外學者乃利用此技術致力於模擬解析土石流之相關問題。自從 O'Brien *et al.* (1993, 2006) 發展出 FLO-2D 土石流數值模擬模式後，國、內外已有多位學者利用此一程式進行土石流之模擬研究。近年來，國內 FLO-2D 之使用也越來越為廣泛，例如林美聆等 (1999, 2000, 2001 及 2003) 使用 FLO-2D 進行土石流潛勢的模擬；吳政貞 (2003)、邱禎龍 (2003)、蘇立明 (2003) 則利用 FLO-2D 來建立一套完整的土石流模擬模式；趙啓宏 (2004) 則針對土石流之流變參數及輸入模式進行探討。因此，本研究選擇以 FLO-2D 來建立土石流流動模擬，其模擬之控制方程式、模式參數分類與選用，及分析步驟茲說明如下。

1. FLO-2D 土石流運動之控制方程式

採用 FLO-2D 進行土石流運動及堆積模擬時，主要在求解土石流 x -軸方向之水深平均速度 u 及 y -軸方向水深平均速度 v ，以及土石流流深或堆積深度 h 。其中，數值模式所採用之控制方程式包含：

(1) 連續方程式：

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(uh)}{\partial x} + \frac{\partial(vh)}{\partial y} = i \quad (1)$$

其中， i = 降雨強度； t = 時間。

(2) 運動方程式：

$$S_{fx} = S_{bx} - \frac{\partial h}{\partial x} - \frac{\partial u}{g \partial t} - u \frac{\partial u}{g \partial x} - v \frac{\partial u}{g \partial y} \quad (2)$$