應用橢圓-理想曲面法與簡易土石流模式於大規模崩塌之快速評估-以大規模崩塌潛勢區(新北市-汐止區-D003)為例

李哲宇[(1)(2)]、陳振宇[(1)]、高百毅[(1)]、戴義欽[(3)]

(1) 行政院農業委員會水土保持局 技術研究發展小組
(2) 財團法人農業科技研究院
(3) 成功大學水利及海洋工程學系

摘　要

降雨引致之大規模崩塌發生後，除直接造成邊坡破壞掩埋坡腳外，其產出之巨量土石運移過程亦可能形成土石流，或阻塞河道形成堰塞湖等二次災害。現行大規模崩塌潛勢區之判識，多仰賴地表地形特徵進行圈繪，對於實際可能的崩塌深度與量體，以及崩塌後土砂運移之情形，仍亟待進一步研究。

2022 年東北季風及尼莎颱風之共伴效應造成連日豪雨，位於新北市汐止區鵲鵲崙的大規模崩塌潛勢區(新北市-汐止區-D003)之邊坡土壤因含水量增加而產生崩塌，崩塌土砂堆積於下方土石流潛勢溪流(新北 DF197)河道，造成溪流通洪斷面縮小，上游有蓄水現象。為發展大規模崩塌之土砂量體與其運移影響範圍的快速評估方式，本研究以此案例為例，使用橢圓-理想曲面法(ICS)，藉由選定數個地表特徵點，快速評估出可能的崩塌滑動面及土砂量體。再將此土砂量體提供予 BigGIS 內建之簡易土石流模式(SDF model)進行土砂運移模擬，並與災後之 UAV 空拍及遙測影像成果進行驗證探討。

結果顯示，對大規模崩塌潛勢區(新北市-汐止區-D003)可利用橢圓-理想曲面法(ICS)獲得與實際情形相近的崩塌範圍、深度及崩塌量體；同時，簡易土石流模式(SDF model)進行土砂運移模擬之成果亦與實際情況相近。未來可嘗試以本研究提出之方式，快速評估各大規模崩塌潛勢區可能發生之情境，並提供疏散避難規劃等防救災相關參考依據。

關鍵字:大規模崩塌、土石流、橢圓−理想曲面法、簡易土石流模式

Application of the Ellipse Reference Surface Method and a Simple Debris Flow Model for Rapid Assessment of Large-Scale Landslides - A Case Study of a Large-Scale Landslide Potential Area (D-003) in Xizhi District, New Taipei City

Li-Zhe Yu [1] [2], Chen-Yu Chen [1], Bai-Yi Kao [1], Yih-Chin Tai [3]

(1)Soil and Water Conservation Bureau, Council of Agriculture, Executive Yuan
(2)Agricultural Policy Research Center, Agricultural Technology Research Institute
(3) Department of Hydraulic andOcean Engineering, National Cheng Kung University

Abstract

After a large-scale landslide triggered by rainfall, in addition to directly causing slope failure and burying the foot slope, the huge amount of sediment produced during the process of transportation may also lead to debris flow, or block rivers to cause secondary disasters such as the landslide dam. The current recognition of large-scale potential landslide areas relies heavily on surface topographical features for delineation. Further research is urgently needed on the actual possible depth and volume of landslides, as well as the situation of sediment transportation after landslides.

In 2022, the combined effect of the Northeast monsoon and Typhoon Nisha caused continuous heavy rain. The slope in the large-scale potential landslide area (D-003) in Guhulin, Xizhi District, New Taipei City collapsed due to an increase in moisture content, and the collapsed sediment accumulated in the downstream potential debris flow stream (New Taipei City-DF197), causing the river channel to narrow and the upstream to experience water storage. In order to develop a rapid assessment method for the volume of large-scale landslides and their impact range, this study used the Ellipse- reference-ICS method (ICS) based on several selected surface features to quickly evaluate the possible landslide slip surface and sediment volume using this case as an example. This sediment volume was then provided to the simple debris flow model (SDF model) built into BigGIS for simulation of sediment transportation. Additionally, It was verified and explored with the UAV aerial photography and remote-sensing image results after the disaster.

The results showed that the Ellipse- reference-ICS method (ICS) can obtain landslide ranges, depths, and volume similar to the actual situation for the large-scale potential landslide area (D-003). At the same time, the results of the simple debris flow model (SDF model) for sediment transportation simulation are also similar to the actual situation. In the future, it is possible to try to use the method proposed in this study to rapidly assess the scenarios of possible occurrences in various large-scale potential landslide areas, and provide reference for evacuation and disaster prevention.

Keyword: Large-scale Landslide, Debris Flow, Ellipse-reference-ICS Method, Simple Debris Flow Model

應用橢圓-理想曲面法與簡易土石流模式於大規模崩塌之快速評估-以大規模崩塌潛勢區(新北市-汐止區-D003)為例

李哲宇[1] [2] 陳振宇[1] 高百毅[1] 戴義欽[3]

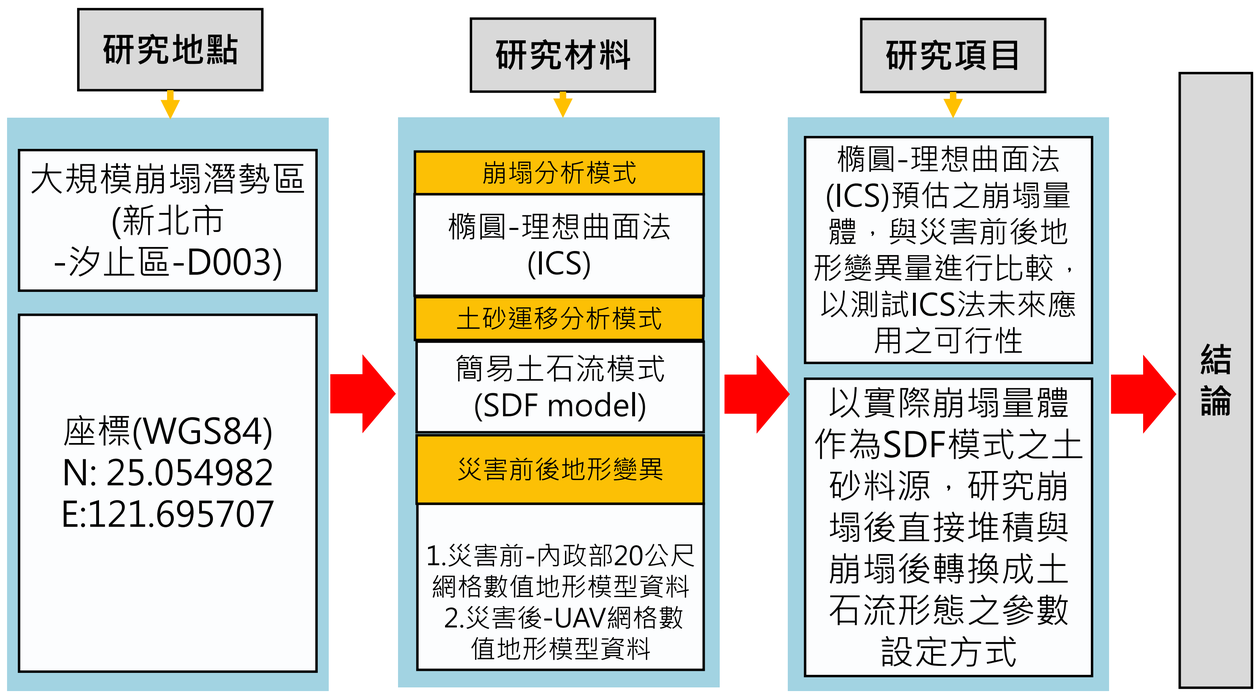
[1] 水土保持局技術研究發展小組
[2] 財團法人農業科技研究院
[3]成功大學水利及海洋工程學系

RTDT 技術研究發展小組 Research and Technology Development Team

前言

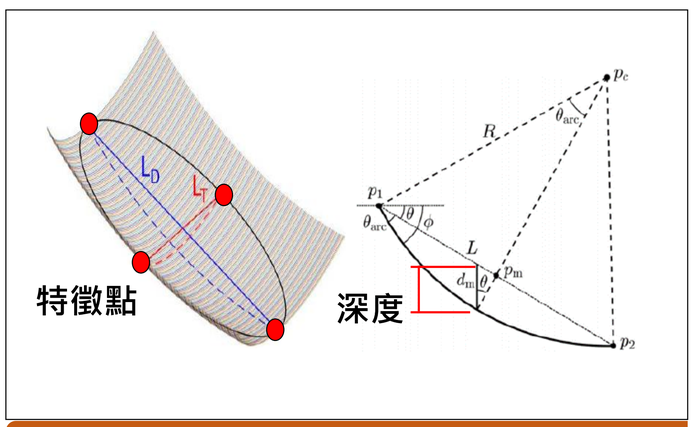
- 現行大規模崩塌潛勢區之判識，多仰賴地表地形特徵進行圈繪，對於實際可能的崩塌深度與量體，以及崩塌後土砂運移之情形，仍亟待進一步研究。
- 2022/10/17尼莎颱風與東北季風共伴，連日豪雨造成新北市汐止區鵠鵠崙大規模崩塌潛勢區(新北市-汐止區-D003) 下方邊坡崩塌發生，崩塌土體阻塞下方土石流潛勢溪流(新北 DF197)河道，造成迴水。
- 為發展大規模崩塌之土砂量體與其影響範圍的快速評估方式，本研究以此崩塌災害為例，利用災前之HOST地圖選定數個地表特徵點，使用橢圓-理想曲面法(ICS)推估可能最大與平均崩塌深度及其崩塌量體與面積；並和災後UAV產製之DSM與災前DEM相減得到的地形變異成果(DoD)進行比較；最後以上述方法推估此大規模崩塌潛勢區(新北市-汐止區-D003) 可能之崩塌參數。
- 將地形變異成果推估之平均崩塌深度，作為土砂運移模擬的材料參數，使用BigGIS內建之簡易土石流模式(SDF model)進行崩塌土體運動模擬，並以災後遙測影像進行驗證探討。

材料與方法

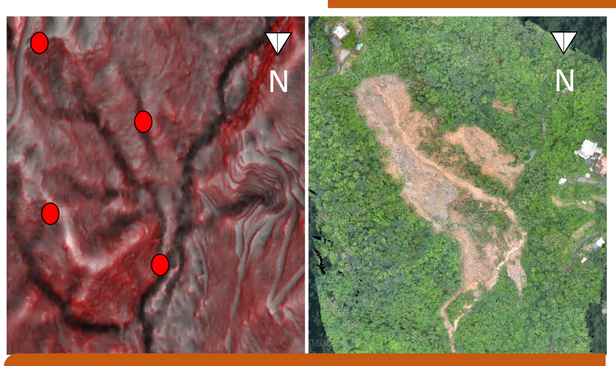


結果與討論

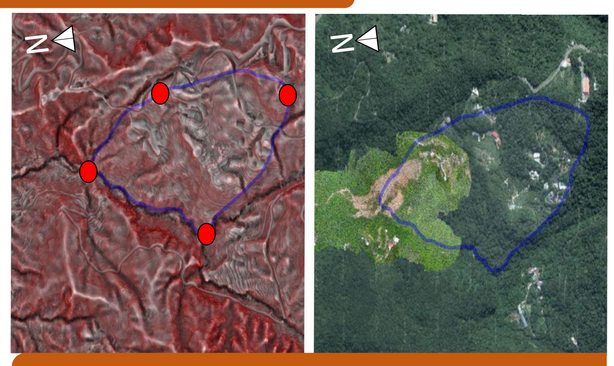
(1)橢圓-理想曲面法(ICS)示意圖，以及大規模崩塌潛勢區(新北市-汐止區-D003)以ICS法預估之崩塌量體與實際災害前後地形變異量之比較



ICS基本原理示意圖



崩塌區塊1選取地形特徵點範圍



崩塌區塊2選取地形特徵點範圍

崩塌參數	崩塌量體 (m^3)			面積 (m^2)			最大深度 (m)			平均深度 (m)		
	ICS	DoD	差異(%)	ICS	DoD	差異(%)	ICS	DoD	差異(%)	ICS	DoD	差異(%)
崩塌區塊1	127,795	103,800	+23.1	6300	13,898	-54.6	42.17	21.5	+96.1	20.28	8	+153.5

*註:DoD為災後UAV產製之DSM與災前DEM相減得到的地形變異量成果

崩塌參數	崩塌量體 (m^3)	面積 (m^2)	最大深度 (m)	平均深度 (m)
	ICS	ICS	ICS	ICS
崩塌區塊2	5,113,816	131,400	125.6	47.8

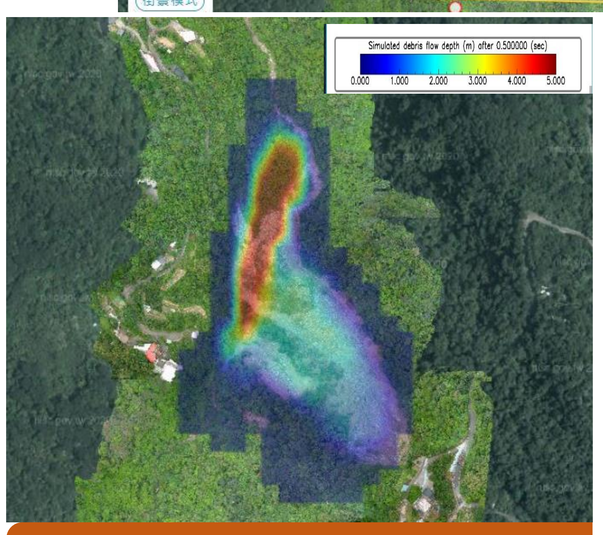
(2) 以簡易土石流模式(SDF model)，模擬崩塌土石運移形態

- 參考SDF model之參數建議值(如下表)，因現地材料接近礫石型態料源，本研究運動黏滯係數採用3。
- 另為探討崩塌後土石直接堆積，以及長延時降雨導致崩塌土石進一步形成土石流等二種不同運移形態，本研究將體積濃度分別設為0.8及0.5進行模擬，並比較成果。

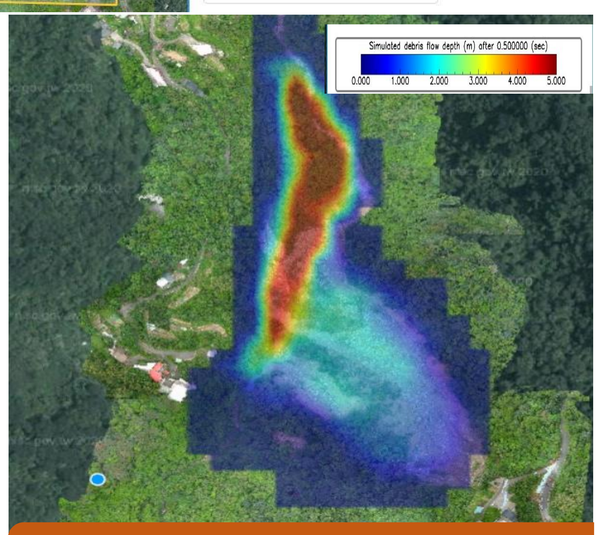
現地料源型態	運動黏滯係數 (m^2/s)
礫石型態料源	2.00–5.35
砂質壤土含礫石料源	1.00–2.00
砂質壤土含泥質型態料源	0.50–1.00
泥質型態料源	0.23–0.50

運動型態	體積濃度
土石流	0.45–0.55
高濃度泥流狀洪水	0.2–0.4

SDF model簡介



模擬崩塌後土石直接堆積(體積濃度0.8)
崩塌土體堆積範圍與災後影像大致相符



模擬崩塌土石形成土石流(體積濃度0.5)
土砂運移範圍及距離明顯較大

結論與建議

- 結果顯示依據地形特徵點配合ICS法可快速評估大規模崩塌潛勢區之崩塌深度、面積與體積等參數，以本案例而言，ICS預估之崩塌體積與實際崩塌量之差異為23.1%，具有一定之參考價值，後續並可應用於SDF模式，模擬崩塌後土體運移情形及其影響範圍。
- ICS理想曲面模式之評估方式較適用於圓弧形破壞型態，對於平面型破壞型態而言，目前Wang et al. (2022) 提出之基因演算-參考橢圓-理想崩塌曲面法(GA-ER-ICS)可使面積與體積更加精準，對該模式於平面型破壞型態崩塌深度估算可再精進。
- BigGIS內建的SDF模式採雲端運算，且僅需圈繪崩塌範圍並設定崩塌深度、運動黏滯係數、體積濃度等參數即可快速演算及視覺化展示成果。
- 模擬結果顯示SDF可有效評估崩塌後的堆積型態及影響範圍，其有助於提供相關單位防救災規劃參考。