坡地水保

和諧山林

創新農村

智慧防災

智慧式合理估算坡面崩塌量體及其運移行為

計畫主持人:戴義欽教授

發展簡易迅速初步評估崩塌破壞曲面的方法，利用現地量測與即時監測之資料，在不考慮地質坡向、地下水水位等水文地質條件，或是降雨強度、累積雨量等外在觸發條件的前提下，以有限的資訊在短時間內初步評估崩塌破壞量體與可能曲面所在。對於所估算之結果(曲面與土砂量體)，可與地理資訊系統整合，並透過電腦模擬模式來探討崩塌發生後的土砂運移行為。以不同的情境模擬來分析評估可能發生的災害狀況，精進現有災害管理與預警技術。

理想崩塌破壞曲面

利用理想崩塌破壞曲面近似實際的崩塌破壞曲面，主要以兩種曲率控制，分別為軸向曲率(down-slope)與側向曲率(cross-slope)。

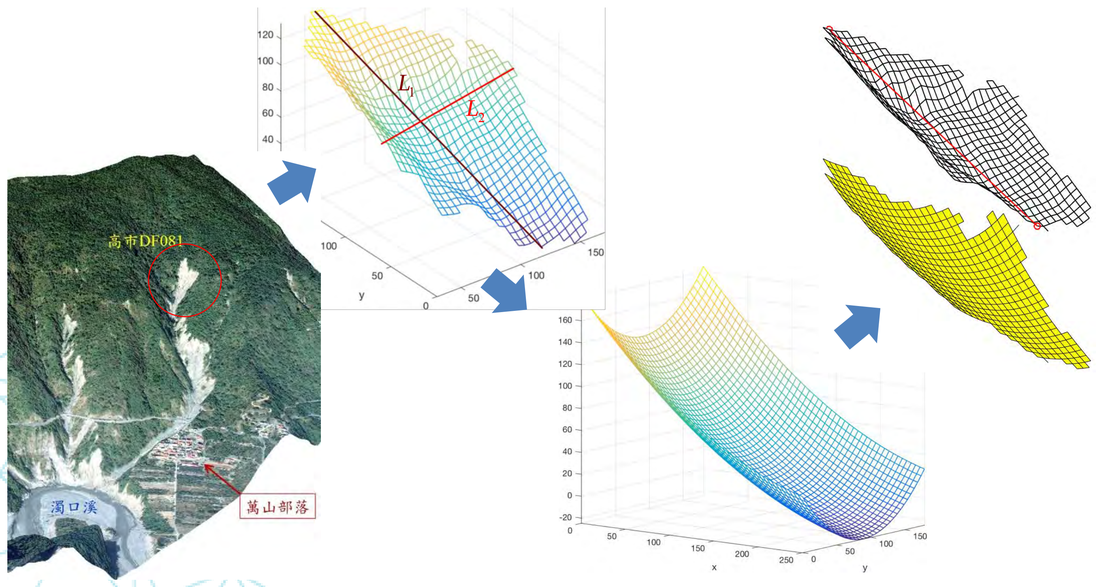


圖1 以理想崩塌破壞曲面近似實際崩塌破壞曲面。

幾何特性

分析土石流潛勢溪流編號DF054、DF081及小林村崩塌案例共16個崩塌區塊後，得到崩塌深度d、曲率半徑R與軸長L之間的關係式，下標1及2分別表示軸向與側向。

$$\text{Down-slope: } y = -0.94x - 0.75, \text{ with } x = \log(d_1/L_1),\ y = \log(R_1/L_1)$$
$$\text{Cross-slope: } y = -0.89x - 0.74, \text{ with } x = \log(d_2/L_2),\ y = \log(R_2/L_2) \quad (1)$$

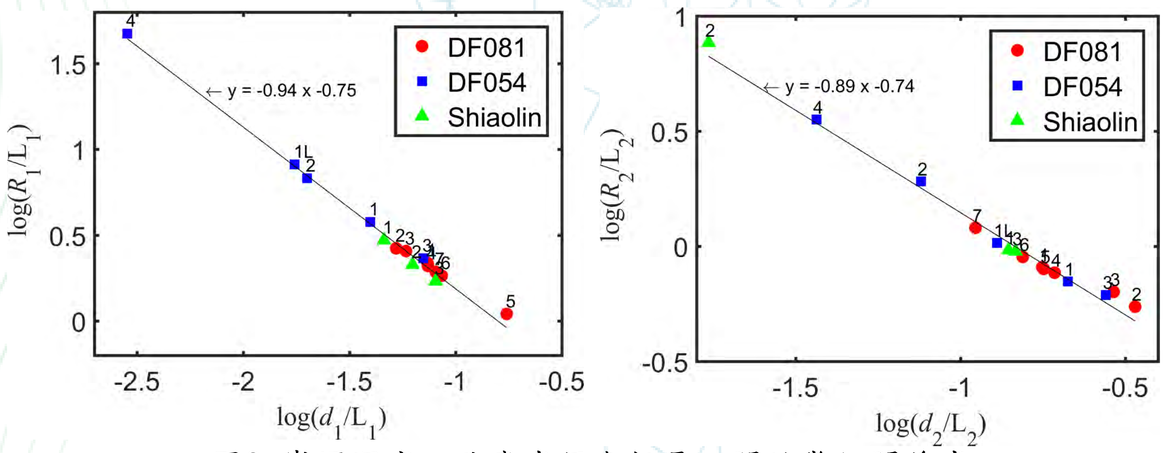
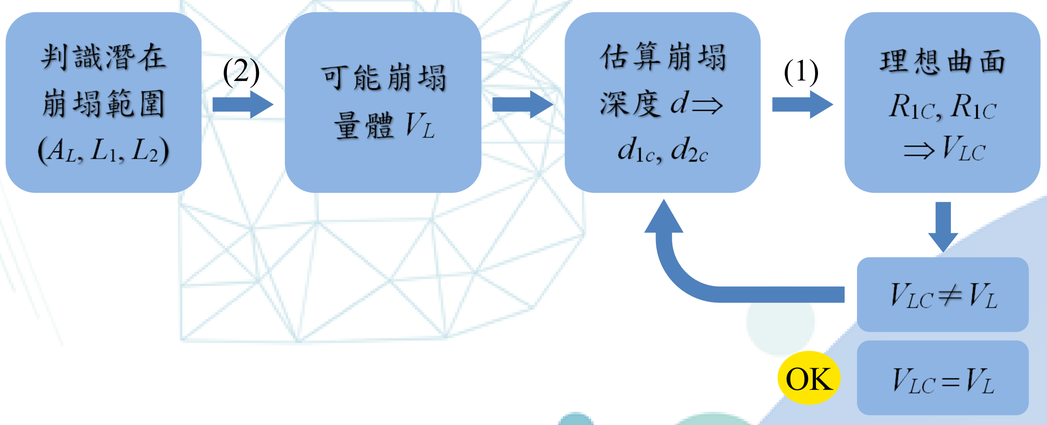


圖2 崩塌深度、曲率半徑與軸長之間的幾何關係式。

Guzzetti et al. [1] 分析了677個滑動型的崩塌案例，並歸納出滑坡崩塌面積A_L(m^2)與其崩塌量體V_L(m^3)之間的關係式。

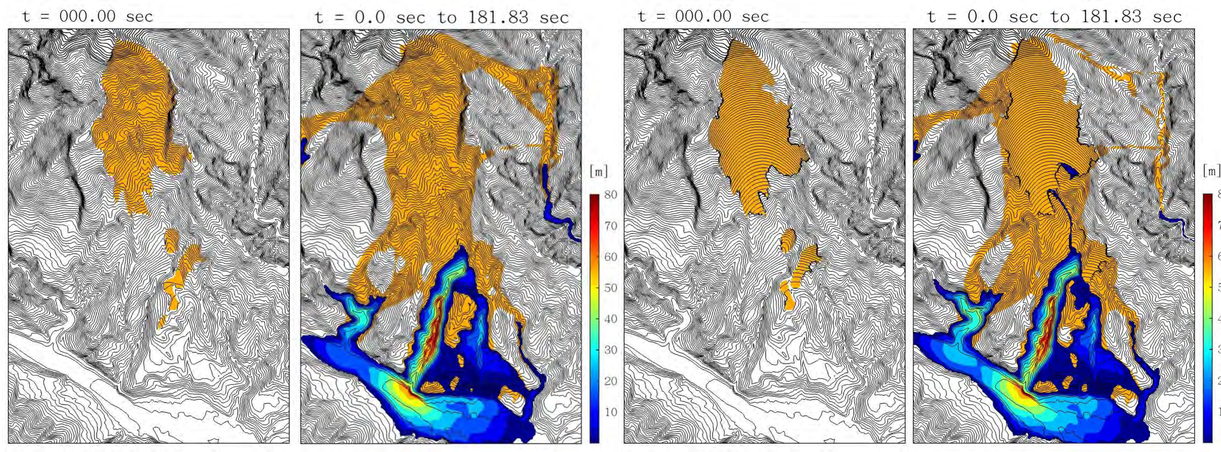
$$V_L = 0.074 \cdot A_L^{1.450} \quad (2)$$

透過此關係式簡單估算出崩塌量體，便可利用迭代方式找到所對應的理想崩塌破壞曲面。



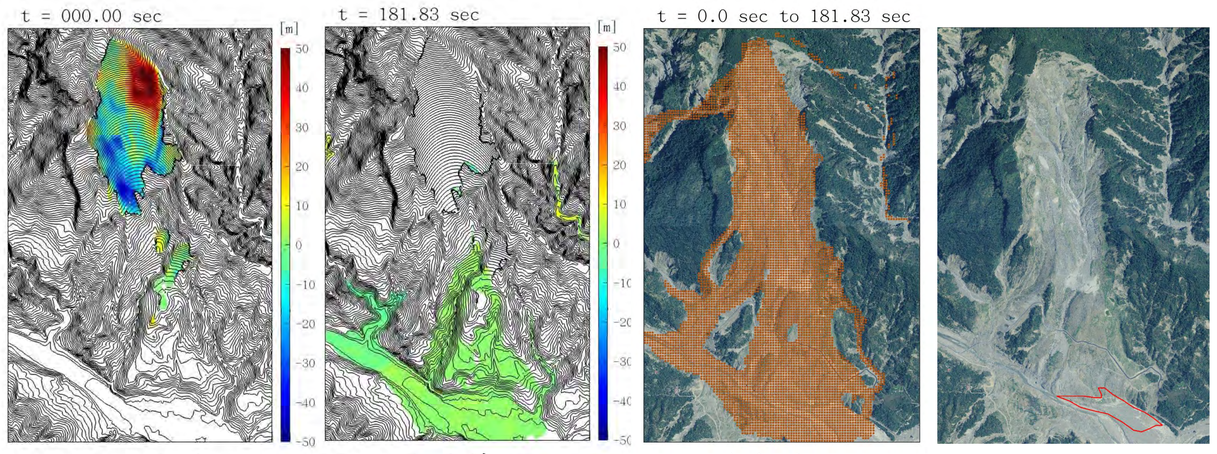
案例探討

利用兩相土石流動態模擬數值模式(Tai et al. [2])探討小林村深層崩塌案例的土砂運移行為，將實際崩塌破壞面與理想崩塌破壞面的土石流模擬進行比較。



實際崩塌破壞曲面　　理想崩塌破壞曲面

圖3 實際與理想崩塌破壞曲面的初始量體與最終堆積情況之情境模擬。



初始量體　　堆積情況　　流動痕跡　　衛星影像

圖4 左邊兩張圖：理想與實際之流動差異；右邊兩張圖為流動痕跡與衛星影像。

結果比較

	t = 0.0 sec	t = 90.01 sec	t = 181.83 sec
實際崩塌破壞曲面	22.487′ 10^6 m^3	22.266′ 10^6 m^3	20.902′ 10^6 m^3
理想崩塌破壞曲面	21.775′ 10^6 m^3	21.619′ 10^6 m^3	20.001′ 10^6 m^3
體積差異百分比(%)	3.17%	2.99%	4.31%
深度差異(m)	? | 43.4,61.9	? | 22.9,18.8	? | 8.4,11.2

表1 相同的參數條件，實際與理想崩塌體積差異與流動深度變化。

結論

- 利用理想崩塌曲面來近似滑動形式的邊坡崩塌破壞曲面。
- 理想崩塌曲面幾何特性：崩塌深度、曲率半徑與軸長之間有明顯的關聯性。
- 在給定崩塌範圍及崩塌深度條件下，便可估算出理想崩塌破壞曲面及其量體。
- 土砂運移行為較不受崩塌破壞曲面幾何特性影響，主要受土砂量體大小影響。

委託單位：水土保持局技術研究發展小組

受託單位：財團法人成大研究發展基金會

執行期間：107 年 02 月 - 107 年 12月

參考文獻

[1] F, Guzzetti, F. Ardizzone, M. Rossi, and D. Valigi, Landslide volumes and landslide mobilization rates in Umbria, central Italy, Earth and Planetary Science Letters. 279(3-4):222-229, 2009.

[2] Y. C. Tai, J. Heβ, and Y. Wang. Modeling two-phase debris flows with grain-fluid separation over rugged topography; Application to the 2009 Hsiaolin event, Taiwan, Journal of Geophysical Research Earth Surface, 124(2):305-333, 2019.

主辦機關：行政院農業委員會水土保持局

執行單位：跨界策略顧問股份有限公司