

逢甲大學學生報告 ePaper

報告題名：

荖濃河流域崩塌潛勢分析

Analysis of Potential Landslides on Lao-Nong River

作者：黃樾祐、王思儒、戴于晴、楊宥紘、胡紘耀、陳佩儀

系級：水利工程與資源保育學系

學號：D0236082、D0278180、D0278204、D0278278、D0235889、D0278282

開課老師：張嘉玲老師

課程名稱：水土資源地理資訊系統應用

開課系所：水利工程與資源保育學系

開課學年： 104 學年度 第一 學期

中文摘要

崩塌潛勢模式對於防減災的應用非常重要，尤其在近年氣候變遷導致極端降雨事件升高的情況下，未來台灣崩塌災害的機率也會隨之提高。本研究以高屏溪上游的荖濃溪為研究區域，透過地理資訊系統進行崩塌因子的分析，包括高程、坡度、坡向、地質、距離河川、土地利用及累積雨量等七種因子，並且以不同的統計模式法分別建構崩塌潛勢評估模式，本研究將選定頻率比法與不安定指數法進行比較，透過與實際崩塌的情形比對確定哪一個模式較為準確。本研究結果可提供決策者了解哪些區域未來容易有崩塌災害產生，作為研擬防災對策的參考。

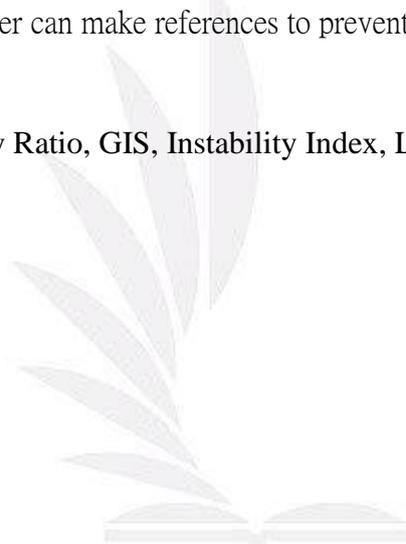
關鍵字：不安定指數法、崩塌潛勢、頻率比法、荖濃溪、GIS



Abstract

The landslide potential models which applied to prevent or reduce disasters are very important. Especially, under the situation of climate change, the frequency of extreme rainfalls increasing, and the disaster of landslide in Taiwan will also increase. The study area is Laonong River in the upstream of Kaoping River. The study use GIS as a tool to analyze the 7 landslide factors including elevation, slope, aspect, geology, distance to rivers, land use and rainfall accumulation. In addition, to find more accurate method, the study compare frequency ratio method and instability index method to actual landslide events. The result can help the user agencies/decision makers to know where tends to occur landslide disasters then the user can make references to prevent disasters.

Keyword : Frequency Ratio, GIS, Instability Index, Landslide Potential



目次

目錄

(一)、	前言.....	4
(二)、	研究區域介紹.....	4
(三)、	研究方法.....	6
1.	頻率比法(Frequency Ratio Method)	6
2.	不安定指數法(Instability Index Method).....	7
(四)、	研究結果與分析.....	7
1.	頻率比法結果.....	8
2.	不安定指數法結果.....	8
3.	結論與建議.....	9
(五)、	參考文獻.....	10

表目錄

表 1	荖濃溪集水區各個因子與莫拉克颱風後崩塌分布分析統計表	5
表 2	荖濃溪集水區各個因子的 FR 值及 D 值	7
表 3	頻率比法預測正確及錯誤率.....	8
表 4	不安定指數法預測正確及錯誤率.....	9

圖目錄

圖 1	荖濃溪於莫拉克颱風期間累積降雨(左圖)、地質分布(右圖)與崩塌分布關係圖.....	6
圖 2	以頻率比法(左圖)、不安定指數法(右圖)進行崩塌潛勢分析	9

(一)、 前言

近十多年來，氣候變遷下颱風所帶來的豪雨加上 1999 年集集地震造成的邊坡不穩定，經常造成許多崩塌災害，其中 2009 年的莫拉克颱風造成大量嚴重崩塌、703 人死亡以及 164 億 6863 萬的農業損失(內政部消防署，2016)，由此可見颱風所引發的崩塌對於人民的生命財產有多麼嚴重。

高屏溪一向是台灣崩塌易發的代表區域，高屏溪支流荖濃溪也是一例。根據過往文獻(陳志豪等，2011)統計分析發現：因為 1999 年集集地震的影響，颱風所誘發的崩塌更加嚴重。再加上鍾侑達等(2009)利用全台灣降雨資料進行分析，指出南部地區年總雨量呈現下降趨勢，而降雨型態又變成降雨延時縮短、降雨強度增加，使得極端降雨漸增加。降雨條件越來越集中且高強度，台灣山坡地的崩塌災害會持續增加，因此颱風豪雨帶來的崩塌及後續土砂災害的影響值得關注。

本研究區域為荖濃溪集水區，以 2009 年莫拉克颱風後崩塌圖層進行分析，透過不安定指數法以及頻率比法進行比較，並且選用較佳的結果幫助決策者研擬防災對策或思考優先整治區域之用。

(二)、 研究區域介紹

本研究由溫振宇(2005)統計 1996 年到 2005 年間與崩塌有關文獻所選取的因子統計表中取前 6 個因子，依序為坡度、岩性、坡向、高程、土地利用以及河道距離，再加上陳樹群等(2012)指出旗山溪的崩塌與降雨及河川淘刷相關，其中旗山溪與本研究區域皆屬於高屏河流域，因此本研究除了上述六個因子外，再加入累積降雨量因子。

透過地理資訊系統將莫拉克颱風後崩塌圖層跟各個因子圖層做結合，可以得到各個因子與崩塌之間的關係如下：

1. 本集水區總面積為 1331.4 km²，崩塌總面積為 100.0 km²。
2. 高程因子：崩塌率最高發生在高程 3500m 以上，但考慮在此高度之地區所佔比例極小於是取崩塌率第二之高程來做為討論，崩塌率為次之高程為 500m 至 1000m 分區，其地形屬丘陵地；於是人類活動或居住時，應注意丘陵地之災害防治；可將災害所造成之損傷降低。
3. 坡度因子：所有坡度區間之崩塌率都超過 1.0%，且以 30 度至 40 度分區為最。
4. 坡向因子：扣除平坦坡向，其餘各坡向之崩塌率占總面積約介於 4.4%(西北向坡)~10.0%(南向坡)之間，坡向因子對於崩塌的影響比較小。
5. 距離河川因子：距離河川越近崩塌率越高(距離小於 500 公尺的崩塌率是 8.5%)，依序遞減到距離河川 1000 公尺之外的 5.9%。可發現與河川距離越近，河岸淘刷引發崩塌的情況越嚴重。

6. 土地利用因子：森林成為占有所有土地利用中面積最大者，雖其崩塌面積大，但其崩塌率相對於裸露地及荒地則為小，判斷其原因為森林中有植生、動物的關係，使得森林之使用及土壤相要之下較為穩固，如植生有抓地力，可使得土壤不易被破壞。但裸露地及荒地相對則缺乏保全因素，如建物或人為活動等，無法提供保護力，所以非常不穩固，其可能是為崩塌率最大之原因。
7. 累積降雨因子：崩塌率與累積降雨成正向趨勢(如圖 1)，尤其在累積降雨超過 1500 mm 以上區域，崩塌率已超過 1.0%。
8. 地質因子：崩塌最嚴重的岩層是糖恩山砂岩(如圖 1)，因糖恩山砂岩的岩性為砂頁岩互層，此岩層極不穩定，遇水易形成泥漿，比其他岩性來得脆弱，因此判斷其為結構不穩固而崩塌之主要原因。

表 1 荖濃溪集水區各個因子與莫拉克颱風後崩塌分布分析統計表

因子分區	A	LA	LR	因子分區	A	LA	LR
高程因子(單位 m)				坡度因子(單位°)			
<500	146.0	5.7	3.9	<10	85.9	1.6	1.8
500~1000	265.2	30.5	11.5	10~20	90.7	4.5	5.0
1000~1500	283.7	29.7	10.5	20~30	265.3	17.9	6.7
1500~2000	233.2	18.2	7.8	30~40	451.4	42.9	9.5
2000~2500	196.1	9.2	4.7	40~50	299.1	25.2	8.4
2500~3000	148.4	4.5	3.0	50~60	111.7	6.6	5.9
3000~3500	53.6	1.3	2.5	>60	27.2	1.4	5.1
>3500	5.2	0.9	17.4	距離河川(單位 m)			
坡向因子				<500	785.5	66.9	8.5
平坦	1.3	0.0	0.3	500-1000	381.3	23.4	6.1
北	131.1	7.2	5.5	>1000	164.6	9.7	5.9
東北	134.8	10.4	7.7	土地利用			
東	159.0	15.0	9.5	農業	53.6	2.3	4.2
東南	168.9	16.6	9.8	森林	1183.9	82.2	6.9
南	181.0	18.2	10.0	人為	22.0	1.3	5.9
西南	198.2	15.8	8.0	水利	31.3	0.4	1.1
西	198.6	9.9	5.0	裸露地及荒地	40.6	13.9	34.2
西北	158.5	6.9	4.4				
累積降雨(mm)							
<1000	1.7	0	0.0	1500-1750	219.7	15.4	1.2
1000-1250	65.7	0.7	0.1	1750-2000	521.2	42.9	3.2
1250-1500	131.1	5.1	0.4				
地質因子							
十八重溪層	4.8	0.2	4.9	長枝坑層	143.5	13.1	9.2

大禹嶺層	128.9	5.6	4.3	畢祿山層	470.5	33.5	7.1
六龜層	13.0	0.0	0.0	階地堆積層	28.9	0.4	1.5
火成岩	0.0	0.0	7.7	達見砂層	16.9	0.9	5.6
玉山主山層	16.6	0.7	4.5	潮州層	411.4	38.7	9.4
沖積層	36.9	0.1	0.3	糖恩山砂岩	23.5	4.2	17.9
佳陽層	6.1	0.3	5.4	廬山層	30.4	2.1	6.8

備註：A 代表該分區面積(單位 Km²)，LA 代表該分區崩塌面積(單位 Km²)，LR 則為崩塌率(單位%)。

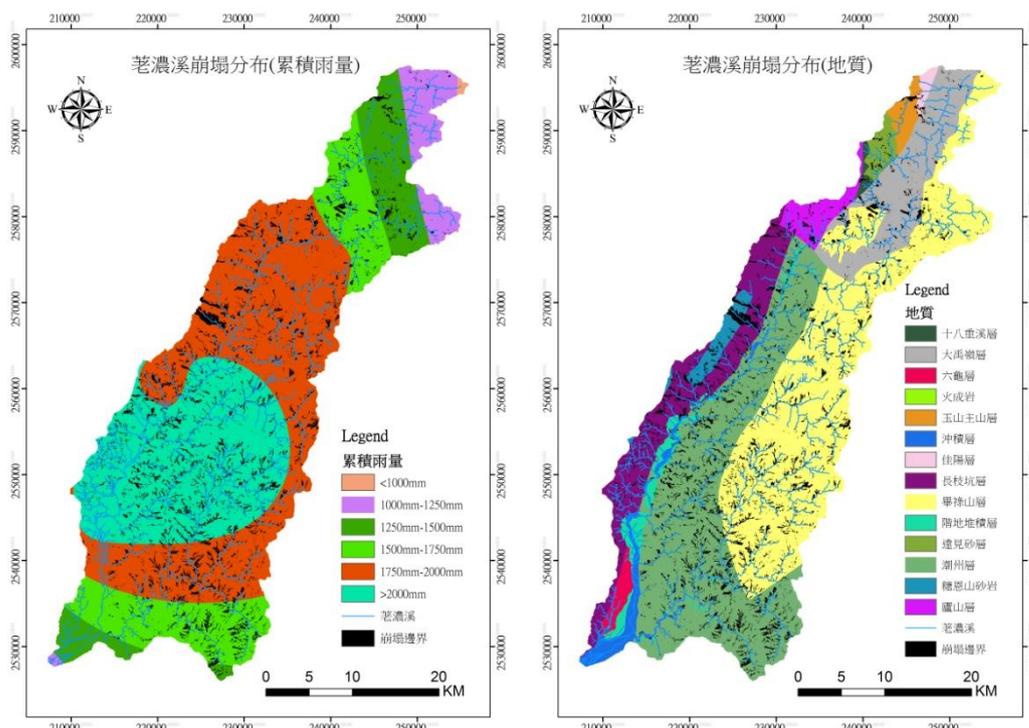


圖 1 荖濃溪於莫拉克颱風期間累積降雨(左圖)、地質分布(右圖)與崩塌分布關係圖

(三)、 研究方法

為了分析研究區域的崩塌潛勢，本研究將以頻率比法及不安定指數法建構荖濃溪集水區崩塌潛勢模式，利用統計的方式將各個因子與崩塌的關係量化進行研究，以下是這兩個方法的理論介紹：

1. 頻率比法(Frequency Ratio Method)

Lee and Talib (2005)提出以頻率比建構崩塌潛勢模式的想法，其基本理論主要在於「崩塌發生是由崩塌因子所決定，而且已發生過崩塌的區域在未來也容易發生崩塌」。以頻率比建構崩塌潛是模式的方法為估算每一個網格之崩塌潛勢指數(landslide susceptibility index，後簡寫 LSI)，其估算公式如下式所示。

$$LSI=FR_1+FR_2+FR_3+\dots+FR_n \quad (1)$$

其中 n 代表所採用的崩塌相關因子個數(例如：高程、坡度、土地利用等)，而 FRn 則代表第 n 個崩塌因子的頻率比。當 FR 值大於 1 時代表該因子與崩塌發生之間的關係較明顯，當 FR 值小於 1 時則代表待因子與崩塌發生之間的關係較不明顯。累計後則可得到崩塌潛勢指數值(LSI)，為方便各模式成果進行比較，本研究會將崩塌潛勢指數值(LSI)正規化為 0 至 1 區間，並以 0.25 為間距，從 0 到 1 分成四個區域，依序為低崩塌潛勢區域、中崩塌潛勢區域、中高崩塌潛勢區域及高崩塌潛勢區域。

2. 不安定指數法(Instability Index Method)

不安定指數法是透過將各個分區的崩塌網格密度除以總崩塌網格後代入式(2)得到評分因子 D，之後利用各區間的變異值除以總變異值作為該因子的權重 W，再帶入式(3)即可求得各網格之不安定指數評分值。本研究也為方便後續比較，而將不安定指數評分值正規化為 0 至 1 區間，並區分為低、中、中高及高崩塌潛勢區域。

$$D = \left[\frac{9(x_i - x_{min})}{x_{max} - x_{min}} \right] + 1 \quad (2)$$

$$D_{total} = D_1^{W_1} \times D_2^{W_2} \times \dots \times D_n^{W_n} \quad (3)$$

(四)、 研究結果與分析

將頻率比法的頻率比 FR 以及不安定指數法的評分因子 D 計算並整理如表 2 所示：

表 2 荖濃溪集水區各個因子的 FR 值及 D 值

因子分區	FR	D	因子分區	FR	D
高程因子(單位 m)			坡度因子(單位°)		
<500	0.5	1.84	<10	0.2	1.00
500~1000	1.5	6.44	10~20	0.7	4.70
1000~1500	1.4	5.80	20~30	0.9	6.76
1500~2000	1.0	4.21	30~40	1.3	10.00
2000~2500	0.6	2.33	40~50	1.1	8.74
2500~3000	0.4	1.32	50~60	0.8	5.81
3000~3500	0.3	1.00	>60	0.7	4.90
>3500	2.3	10.00	距離河川(單位 m)		
坡向因子			<500	1.1	10.00
平坦	0.0	1.00	500-1000	0.8	1.78
北	0.7	5.83	>1000	0.8	1.00

東北	1.0	7.84	土地利用		
東	1.3	9.46	農業	0.6	1.85
東南	1.3	9.80	森林	0.9	2.58
南	1.3	10.00	人為	0.8	2.31
西南	1.1	8.07	水利	0.1	1.00
西	0.7	5.33	裸露地及荒地	4.6	10.00
西北	0.6	4.75			
累積降雨(mm)					
<1000	0.0	1.00	1500-1750	0.9	7.89
1000-1250	0.1	2.05	1750-2000	1.1	9.09
1250-1500	0.5	4.82	>2000	1.2	10.00
地質因子					
十八重溪層	0.7	3.47	長枝坑層	1.2	5.59
大禹嶺層	0.6	3.16	畢祿山層	0.9	4.57
六龜層	0.0	1.00	階地堆積層	0.2	1.73
火成岩	1.0	4.87	達見砂層	0.7	3.79
玉山主山層	0.6	3.26	潮州層	1.3	5.73
沖積層	0.0	1.16	糖恩山砂岩	2.4	10.00
佳陽層	0.7	3.72	廬山層	0.9	4.43

1. 頻率比法結果

利用頻率比法將每個網格的頻率比 FR 累加可以得到每個網格的崩塌潛勢指數 LSI，並將此崩塌潛勢與莫拉克颱風後實際崩塌圖層進行比對，可以得到如表 3 的正確及錯誤率。

表 3 頻率比法預測正確及錯誤率

項目	數值	項目	數值
預測崩塌正確率(%)	52.9	預測崩塌錯誤率(%)	47.1
預測非崩塌正確率(%)	49.8	預測非崩塌錯誤率(%)	50.2
總正確率(%)	51.3	總錯誤率(%)	48.7

2. 不安定指數法結果

透過各因子分級的崩塌率可以計算出各因子的權重值 W，將表 2 中評分因子 D 及權重值 W 代入式 3 即可得到各網格的崩塌潛勢值，將此崩塌潛勢與莫拉克颱風後實際崩塌圖層進行比對，可以得到如表 4 的正確及錯誤率。

表 4 不安定指數法預測正確及錯誤率

項目	數值	項目	數值
預測崩塌正確率(%)	89.9	預測崩塌錯誤率(%)	10.1
預測非崩塌正確率(%)	21.7	預測非崩塌錯誤率(%)	78.3
總正確率(%)	55.8	總錯誤率(%)	44.2

3. 結論與建議

由上面兩個結果發現，雖然不安定指數法比頻率比法更精準一點，但在不同情況下都會有所差異，所以我們可以嘗試多種方法再從中選取較為準確的。本研究的因子選定只選七個，有些因子對於是否崩塌並無明顯關係(例如坡向)，可以就該集水區的特性來選取適當的因子，這樣能夠讓潛勢分析更加準確。

若要提供更有參考價值的崩塌潛勢給決策者，可以加入各個網格的價值(例如:建築物、人命、果樹等)，藉由原本的崩塌潛勢分析搭配保全對象的價值變成崩塌風險潛勢分析，這個可以讓決策者簡單明瞭的知道哪些區域需要優先治理。

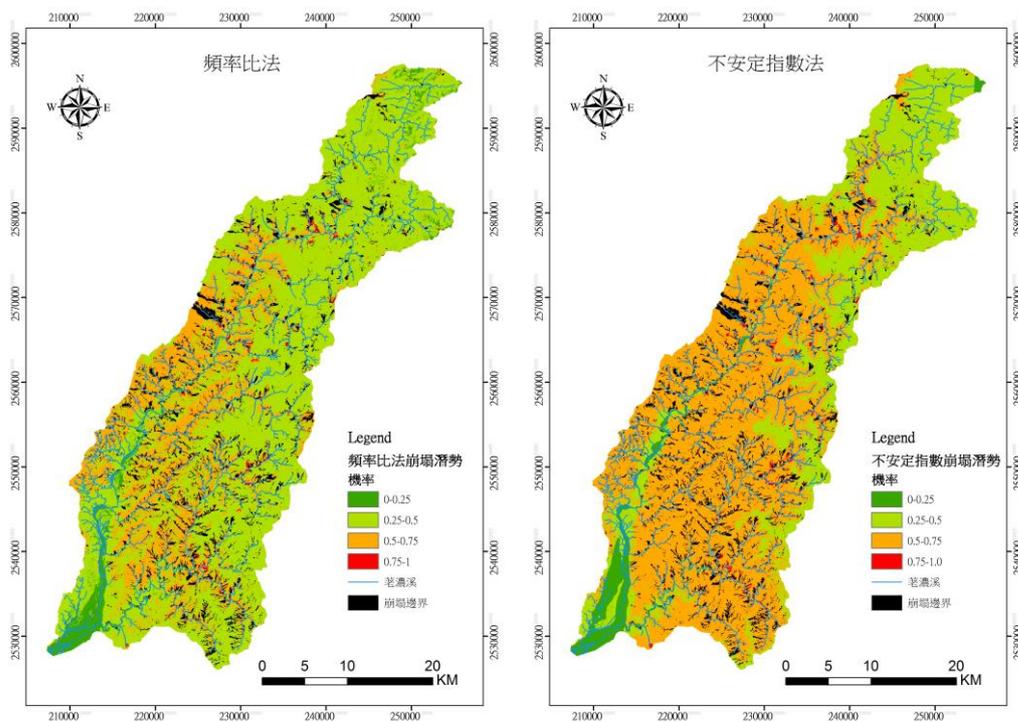


圖 2 以頻率比法(左圖)、不安定指數法(右圖)進行崩塌潛勢分析

(五)、 參考文獻

1. 內政部消防署(2016),「天然災害統計表」,內政部消防署。
2. 陳志豪(2011),「集集地震後荖濃河流域崩塌發生特性分析」,成功大學地球科學系碩士論文。
3. 鍾侑達、郭峻菴、陳昶憲(2009),「台灣區域降雨趨勢分析」,農業工程學報第55卷第4期,第1至18頁。
4. 溫振宇(2005),「結合地震與颱風因子之山崩模式分析」,國立成功大學地球科學研究所碩士論文,103 頁。
5. 陳樹群、諸予涵、吳俊鉉(2012),「中華水土保持學報」,43(4),293至301頁
6. Lee, S., Talib, J.A., 2005, "Probabilistic landslide susceptibility and factor effect analysis," Environmental Geology, Vol. 47, 982 - 990.

