

逢甲大學學生報告 ePaper

報告題名：

大甲河流域崩塌潛勢分析

Potential collapse Dajia River Basin Analysis

作者：林政誼、陳炯勛、許家銘

系級：水利工程與資源保育學系 三年乙班

學號：D0236495、D0236273、D0278370

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

一、計畫目標：

本研究主要探討崩塌潛勢之分析，以 2009 年莫拉克颱風在此集水區造成的崩塌為例。崩塌潛勢即用現知的數據資料，倚靠不同的模式分析，得出研究區域之崩塌潛在趨勢。集水區範圍為大甲溪東勢以上之範圍，因崩塌率及崩塌量皆較下游平地多，且德基水庫、梨山、合歡山等重要水利及觀光景點皆在此處。

二、分析方法：

研究方法為應用地理資訊系統(GIS)進行分析，並將原始資料做彙整與數據分析，得出大甲溪東勢以上的各種現態及未來的崩塌潛勢，利用頻率比法、證據權重法得知該集水區之崩塌潛勢。

三、結論與建議：

總結出兩項大標。選定因子方面，以相同因子做分析，證據權重法確實有更高的正確率，即代表因子之代表較契合分析方法之計算方式；其二為崩塌之不確定性，惟因子數據之採用皆以「已發生崩塌」之過往紀錄為依據，故對於崩塌是否發生以及發生之必要原因有其不確定性，未來可以增加更多考慮因子來讓崩塌潛勢及其分析之正確性更為接近事實之發生率，以達預防災害之目地。

關鍵字：大甲溪崩塌潛勢分析、頻率比法、證據權重法

Abstract

Report Title: Potential collapse Dajia River Basin Analysis

This study focuses on the potential collapse of the analysis to the collapse in 2009 of Typhoon Morakot caused in this catchment area for example. Potential collapse that is now known to use data, rely on different modes analysis, the collapse of the underlying trend study area. Catchment area in the range of the potential nature of the terrain above the east, because the collapse of the rate and amount of collapse are more than the lower plains and Deji Reservoir, Lishan, Acacia mountain water conservancy and other important tourist attractions are here. Methods for the application of Geographic Information Systems (GIS) to analyze raw data and make aggregated data analysis, the nature of the terrain east of the various potential than current state and future potential collapse, using the frequency ratio method, weights of evidence obtained The collapse of known potential catchment area. Summed up the two large scale. Selected aspects factor to do the same factor analysis, weights of evidence does have a higher accuracy rate, and representatives of the more fit factor calculation method of analysis methods; the other for the collapse of the uncertainty, but begin by factor of data, Past record of the "collapse has occurred," as the basis, it is necessary for reasons of occurrence of the collapse has occurred and there is uncertainty, the future can add more factors to consider to make the potential collapse of the correctness of its analysis closer to facts The incidence, in order to reach head to prevent disasters.

Keyword : Dajia potential collapse analysis, frequency ratio method, weights of evidence

目 次

| | |
|---------------------|----|
| 壹、分析方法..... | 5 |
| 一、集水區介紹..... | 5 |
| 二、高程因子..... | 5 |
| 三、坡度因子..... | 5 |
| 四、坡向因子..... | 6 |
| 五、土地利用因子..... | 6 |
| 六、地層因子..... | 6 |
| 七、距離河川因子..... | 6 |
| 八、累積雨量因子..... | 7 |
| 九、頻率比法..... | 7 |
| 十、證據權重法..... | 8 |
| 貳、結果與討論..... | 9 |
| 一、頻率比法..... | 9 |
| (一)頻率比法各因子說明..... | 9 |
| (二)頻率比法崩塌潛勢分級..... | 9 |
| (三)頻率比法結果說明..... | 9 |
| 二、證據權重法..... | 10 |
| (一)證據權重法各因子說明..... | 10 |
| (二)證據權重法崩塌潛勢分級..... | 10 |
| (三)證據權重法結果說明..... | 11 |

表目錄

| | |
|-------------------------|----|
| 表一、集水區高程分布資料表..... | 5 |
| 表二、集水區坡度分布資料表..... | 6 |
| 表三、集水區距離河川與崩塌分布統計表..... | 6 |
| 表四、集水區累積降雨分佈統計表..... | 7 |
| 表五、頻率比法崩塌潛勢分級表..... | 9 |
| 表六、頻率比法崩塌潛勢數值表..... | 10 |
| 表七、證據權重法崩塌潛勢分級表..... | 10 |
| 表八、證據權重法崩塌潛勢數值表..... | 11 |



壹、分析方法

一、集水區介紹

大甲溪發源於南湖大山東峰，其主流上游為南湖溪，位於南湖大山東峰(海拔標高 3632m)，集水區包含台中市、南投縣及宜蘭縣，屬於中央管河川。大甲溪長度約 124.2 公里，流域面積 1235.73km²(本研究集水區總面積 901.3 km²)，平均流量 40.7m³/s，支流共 22 條，注入台灣海峽。大甲溪流域地形複雜，多屬山嶺與台地約占 90%，平地僅占 10%。流域呈現亞熱帶、溫帶等各個不同之氣候帶。上游梨山地區年均溫約在 15 度，中游谷關一帶約 19 度，下游沿海地區溫度在 20~25 度。流域呈現亞熱帶、暖溫帶到冷溫帶等各個不同之氣候帶。大甲溪上游流域地形兩豐富，年降雨量約 3200mm，容易造成土壤沖刷；中由年降雨量約 2300mm，下游沿海地區降雨量少，年降雨量約在 1800mm。

二、高程因子

本集水區總面積為 901.3 km²，集水區平均高程為 2166.8 m，高程介於 1500m 至 3000m 之間的面積約佔總面積之 76.3%，代表集水區幾乎為山地。崩塌率以高程大於 3500 公尺最為嚴重，崩塌率 34.4%。集水區各高程區間統計如表一。

表一、集水區高程分布資料表

| 高程分區(m) | 面積(km ²) | 佔總面積(%) | 崩塌面積(km ²) | 崩塌率(%) |
|-----------|----------------------|---------|------------------------|--------|
| <500 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 500-1000 | 36.1 | 4.0 | 0.9 | 2.4 |
| 1000-1500 | 96.8 | 10.7 | 5.7 | 5.8 |
| 1500-2000 | 206.1 | 22.9 | 5.2 | 2.5 |
| 2000-2500 | 276.0 | 30.6 | 4.3 | 1.5 |
| 2500-3000 | 205.7 | 22.8 | 1.8 | 0.9 |
| 3000-3500 | 76.3 | 8.5 | 3.5 | 4.5 |
| >3500 | 4.3 | 0.5 | 1.5 | 34.4 |

註解：崩塌率為面積除以崩塌面積。

三、坡度因子

本集水區平均坡度為 36.6 度，其中坡度介於 20 度 至 50 度之間的面積約佔總面積之 79%，代表本集水區之坡度偏高，且崩塌率亦隨坡度的增高而有增加的趨勢，故坡度對崩塌率具正相關。崩塌率以坡度大於 70 度處最嚴重，達 13.8%。集水區各坡度區間統計如表二。

表二、集水區坡度分布資料表

| 坡度分區(度) | 面積(km ²) | 佔總面積(%) | 崩塌面積(km ²) | 崩塌率(%) |
|---------|----------------------|---------|------------------------|--------|
| <10 | 28.0 | 3.1 | 0.3 | 0.0 |
| 10-20 | 56.8 | 6.3 | 0.6 | 1.0 |
| 20-30 | 138.3 | 15.3 | 1.4 | 1.0 |
| 30-40 | 301.3 | 33.4 | 5.3 | 1.7 |
| 40-50 | 272.8 | 30.3 | 8.7 | 3.2 |
| 50-60 | 87.5 | 9.7 | 5.0 | 5.7 |
| 60-70 | 15.2 | 1.7 | 1.4 | 8.9 |
| >70 | 1.3 | 0.1 | 0.2 | 13.8 |

四、坡向因子

本集水區坡向以北向坡為大宗，佔總面積 19.3%；崩塌率則以東向坡為主，崩塌率為 4%；並在東北向坡(3.7%)至東南向坡(3.5%)之間較集中，崩塌率也較高。

五、土地利用因子

本研究將集水區土地利用分為農業用地、森林用地、人為開發用地、水利用地及裸露地及荒地等五類。森林用地佔總集水區面積之 92.3%，為大宗；崩塌率亦最高，達 2.3%。

六、地層因子

本集水區地層主要分 11 種，其中四稜砂岩(岩性為厚層石英岩質砂岩與長石質砂岩)佔面積最大，達 49.4%；崩塌率亦最高，達 3.9%。其次為大禹嶺層(岩性為變質砂岩)佔 3.8%居次。

七、距離河川因子

本案將集水區之溪流分成距離河川小於 500 公尺、介於 500 及 1000 公尺和大於 1000 公尺三個區間，其中以距離河川小於 500 公尺及大於 1000 公尺的崩塌面積為大宗，約佔總崩塌面積的 74.2%；崩塌率則以距離河川小於 500 公尺最高，崩塌率為 3.1%。集水區距離河川分佈區間及統計如表三。

表三、集水區距離河川與崩塌分布統計表

| 距離河川(m) | 面積(km ²) | 佔總面積(%) | 崩塌面積(km ²) | 崩塌率(%) |
|----------|----------------------|---------|------------------------|--------|
| ≤500 | 301.3 | 33.4 | 9.2 | 3.1 |
| 500-1000 | 232.5 | 25.8 | 4.2 | 1.8 |
| >1000 | 367.5 | 40.8 | 9.4 | 2.5 |

八、累積雨量因子

累積雨量因子利用克利金法模擬 2009 年莫拉克颱風影響天數之累積降雨量資料，採用 11 個雨量站資料做模擬。累積降雨量及崩塌面積以 700 至 900 毫米為主，崩塌率則以大於 900 毫米數值最大，崩塌率為 4.4%。各分區統計表如表四。

表四、集水區累積降雨分佈統計表

| 累積雨量(mm) | 面積(km ²) | 佔總面積(%) | 崩塌面積(km ²) | 崩塌率(%) |
|----------|----------------------|---------|------------------------|--------|
| <500 | 0.0 | 0.0 | 0 | 0 |
| 500-700 | 150.5 | 16.7 | 4.0 | 2.6 |
| 700-900 | 715.3 | 79.4 | 17.2 | 2.4 |
| >900 | 35.5 | 3.9 | 1.6 | 4.4 |

九、頻率比法

以頻率(frequency ratio, 簡稱 FR)建構崩塌潛勢模式想法首見於 Lee and Talib(2005)，因其估算方式則為特定分級內崩塌面積占總面積之比除以特定分級面積占總面積之比。以頻率比(frequency ratio)建構崩塌潛勢模式方式之基本理論在於認定「崩塌發生乃由崩塌相關因子所決定，未來好發崩塌位置也在過往好發位置」。以頻率比法建構崩塌潛勢模式之方法則為估算每一網格之崩塌潛勢指數(landslide susceptibility index, LSI)，崩塌潛勢指數估算如(1)式所示。

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

FR_n 值表示該網格在第 N 個崩塌相關因子之頻率比。當 FR 值大於 1 時代表該因子對崩塌產生是具有高相關性，當 FR 小於 1 時代表該因子對崩塌產生是具有低相關性。過往研究將 LSI 值分布值域區分為 4 類，包含高崩塌潛勢區域、中高崩塌潛勢區域、中崩塌潛勢區域及低崩塌潛勢區域。

十、證據權重法

證據權重法(weights of evidence, WOE)是一個資料主導(Data-driven)的統計方法(Bonham-Carter, 1994)，根據 Regmi et al.(2010)提出之證據權重法估算方式，該法證據權重法依據各因子內各分級(非)崩塌網格佔總(非)崩塌比例而給予權重，估算方式如(4)式所示：

$$W^+ = \ln\left[\frac{\frac{A_1}{A_3}}{\frac{A_1+A_2}{A_3+A_4}}\right] \text{ and } W^- = \ln\left[\frac{\frac{A_2}{A_4}}{\frac{A_1+A_2}{A_3+A_4}}\right]$$

以模式篩選之某特定因子(例如坡度因子)而言，A1 為在特定分級內崩塌網格數(在 30 度到 40 度區間內崩塌網格總數)，A2 為非在特定分級內崩塌網格數(非在 30 度到 40 度間內崩塌網格總數，即總崩塌網格數扣除在 30 度到 40 度區間內崩塌網格數)，A3 為在特定分級內非崩塌網格數(在 30 度到 40 度區間內非崩塌網格總數)，A4 為非在特定分級內非崩塌網格數(非在 30 度到 40 度間內非崩塌網格總數，即總非崩塌網格數扣除在 30 度到 40 度區間內非崩塌網格數)。

在每一個特定因子每一個特定分級內都會有正向權重(W+)及負向權重(W-)，其所代表的是崩塌分佈在特定因子特定分級內具有正相關或負相關特性，因此將正向權重值(W+)扣負向權重值(W-)即為權重對比值 C(weights contrast; Regmi et al., 2010)；C 值代表的以特定因子特定區間去預測崩塌分佈的空間相關性，當 C 值為 0 時代表特定因子特定區間對預測崩塌並無重要性(not significant)，當 C 值為正(負)時代表特定因子特定區間對預測崩塌並正(負)相關性(positive or negative)。最終每一網格的崩塌潛勢值即為該網格在每一個特定因子下所獲得之權重對比值累計值。本研究也仿照前述方式，以等間隔分區法將崩塌潛勢值區分為高崩塌潛勢、中高崩塌潛勢、中崩塌潛勢及低崩塌潛勢等 4 類。

貳、結果與討論

一、頻率比法

(一)頻率比法各因子說明

頻率比法係數值在全部分類中，最大值為高程大於 3,500m 區域之 13.85；而最小值則為高程小於 500m、黑岩山層、累積降雨小於 500mm 之 0.00。

(二)頻率比法崩塌潛勢分級

本研究以等間隔分區，將全區域崩塌潛勢分為四區。統計數據及崩塌潛勢分級狀況如表五所示。以四區統計數據而言，將四種崩塌潛勢區分為預測不會崩塌(包含低及中崩塌潛勢)與預測會崩塌(包含中高及高崩塌潛勢)，以頻率比法建構崩塌潛勢評估模式結果，預測不會崩塌之面積佔全區的 100%，預測會崩塌面積佔全區的 0%。

表五、頻率比法崩塌潛勢分級表

| 潛勢分區 | 面積(km ²) | 百分比(%) |
|--------|----------------------|--------|
| 低崩塌潛勢 | 870.51 | 97 |
| 中崩塌潛勢 | 22.76 | 3 |
| 中高崩塌潛勢 | 3.40 | 0 |
| 高崩塌潛勢 | 0.31 | 0 |

(三)頻率比法結果說明

本集水區以頻率比法建構崩塌潛勢評估模式，得到崩塌潛勢平均值為 0.124，崩塌潛勢標準偏差值為 0.067。於正確率及錯誤率方面，預測崩塌正確率為 6.2%，預測非崩塌正確率為 99.7%，總正確率為 52.9%，總錯誤率為 47.1%。選用合適的因子及數據範圍，對正確率高低的影響甚大，將集水區內對崩塌有代表性關係的因子做分析，有助於提高正確率。各詳細數值及分部如表六。

表六、頻率比法崩塌潛勢數值表

| 項目 | 數值 |
|-------------|-------|
| 崩塌潛勢平均值 | 0.124 |
| 崩塌潛勢標準偏差值 | 0.067 |
| 崩塌潛勢變異係數值 | 54.0 |
| 預測崩塌正確率(%) | 6.2 |
| 預測非崩塌正確率(%) | 99.7 |
| 總正確率(%) | 52.9 |
| 預測崩塌錯誤率(%) | 93.8 |
| 預測非崩塌錯誤率(%) | 0.3 |
| 總錯誤率(%) | 47.1 |

二、證據權重法

(一)證據權重法各因子說明

證據權重法有正向權重值(W+)、負向權重值(W-)及權重對比值(C)。各因子區間中，正向權重值(W+)以高程大於 3500m 之 3.03 最大、負向權重值(W-)以森林用地之 0.69 最大、權重對比值(C)以高程大於 3500m 之 3.10 最大。

(二)證據權重法崩塌潛勢分級

本研究以等間隔分區，將全區域崩塌潛勢分為四區，統計數據及崩塌潛勢分級狀況如表七所示。以四區統計數據而言，將四種崩塌潛勢區分為預測不會崩塌(包含低及中崩塌潛勢)與預測會崩塌(包含中高及高崩塌潛勢)，以證據權重法建構崩塌潛勢評估模式結果，預測不會崩塌之面積佔全區的 88%，預測會崩塌面積佔全區的 12%。

表七、證據權重法崩塌潛勢分級表

| 潛勢分區 | 面積(km ²) | 百分比(%) |
|--------|----------------------|--------|
| 低崩塌潛勢 | 241.73 | 0.27 |
| 中崩塌潛勢 | 545.26 | 0.61 |
| 中高崩塌潛勢 | 107.67 | 0.12 |
| 高崩塌潛勢 | 2.32 | 0.00 |

(三)證據權重法結果說明

本集水區以證據權重法建構崩塌潛勢評估模式，得到崩塌潛勢平均值為 0.35，崩塌潛勢標準偏差值為 0.13。於正確率及錯誤率方面，預測崩塌正確率為 53.5%，預測非崩塌正確率為 88.8%，總正確率為 71.2%，總錯誤率為 28.8%。選用合適的因子及數據範圍，對正確率高低的影響甚大，將集水區內對崩塌有代表性關係的因子做分析，有助於提高正確率。各詳細數值及分部如表八。

表八、證據權重法崩塌潛勢數值表

| 項目 | 數值 |
|-------------|------|
| 崩塌潛勢平均值 | 0.35 |
| 崩塌潛勢標準偏差值 | 0.13 |
| 崩塌潛勢變異係數值 | 2.69 |
| 預測崩塌正確率(%) | 53.5 |
| 預測非崩塌正確率(%) | 88.8 |
| 總正確率(%) | 71.2 |
| 預測崩塌錯誤率(%) | 46.5 |
| 預測非崩塌錯誤率(%) | 11.2 |
| 總錯誤率(%) | 28.8 |

參、結論與建議

(一)本集水區運用七個因子做探討，其中高程因子、坡度因子、累積雨量因子與崩塌率具正相關性，其餘因子的崩塌率則多集中在單一區間中，造成少部分的集水區因素的權重過大(佔總面積大，崩塌率也高)，形成誤差，例如土地利用因子的森林用地，佔總面積的 92.3%，崩塌率達 2.3%，與地層因子的四稜砂岩，佔總面積 49.4%，崩塌率達 3.9%；單一因子倘若不具正相關性，亦有可能單一因子無法影響整個集水區的崩塌率，或選用不具代性的因子做為數據來源。

(二)頻率比法以會崩塌趨勢為主要分析項目來輸出各因子評分，故 FR 值都為正值；證據權重法則將會崩塌及不會崩塌的趨勢都納入分析的項目，且將結果分成正值及負值的方式輸出各因子評分。兩種分析方法最後都用預測崩塌正確率、預測非崩塌正確率、總正確率等等的形式呈現。預測崩塌正確率為分析方法得出之崩塌分級，與實際崩塌趨勢做比值，皆以網格數的數量來得出面積並求得所佔比率。頻率比法的總正確率為 52.9%；證據權重法的總正確率為 71.2%。

(三)綜上整體報告，七個因子及兩種分析方法之選定，可以總結出兩項大標。選定因子方面，以相同因子做分析，證據權重法確實有更高的正確率，及代表因子之代表較契合分析方法之計算方式；其二為崩塌之不確定性，惟因子數據之採用皆以「已發生崩塌」之過往紀錄為依據，故對於崩塌是否發生以及發生之必要原因有其不確定性，未來可以增加更多考慮因子來讓崩塌潛勢及其分析之正確性更為接近事實之發生率，以達預防災害之目地。

參考文獻

1. Lee, S., Talib, J.A., 2005, "Probabilistic landslide susceptibility and factor effect analysis," *Environmental Geology*, Vol. 47, 982-990.
2. Shahabi, H., Khezri, S., Ahmad, B.B., and Hashim, M., 2014, "Landslide susceptibility mapping at central Zab basin, Iran: A comparison between analytical hierarchy process, frequency ratio and logistic regression models," *CATENA*, Vol. 115, 55-70.
3. Yilmaz, I., 2009, "Landslide susceptibility mapping using frequency ratio, logistic regression, artificial neural networks and their comparison: A case study from Kat landslides (Tokat-Turkey)" *Computers & Geosciences*, Vol. 35, 1125-1138.
4. Bonham-Carter, G.F., 1994, "Geographic Information Systems for Geoscientists: Modeling with GIS," Pergamon Press, Canada.
5. Regmi, N.R., Giardino, J.R., and Vitek, J.D., 2010, "Modeling susceptibility to landslides using the weight of evidence approach: Western Colorado, USA," *Geomorphology*, Vol. 115, 172-187.
6. van Westen, C.J., Rengers, N., and Soeters, R., 2003, "Use of geomorphological information in indirect landslide assessment," *Natural Hazards*, Vol. 30, 399-419.
7. 陳樹群、吳俊鎡、王雁平 (2010), 「地震或降雨誘發崩塌之崩塌特性探討」, *中華水土保持學報*, 41(2), 94-112。(Chen, S. C., Wu, C. H., and Wang, Y. P. (2010). . The Discussion of the Characteristic of Landslides Caused by Rainfall or Earthquake, . *Journal of Chinese Soil and Water Conservation*, 41(2), 94-112. (in Chinese))
8. 中央氣象局
網址：<http://www.cwb.gov.tw/V7/index.htm>