

水土保持技師公會

# 水保技術

論文下載網址: <http://swct.mdu.edu.tw>

## 花蓮縣土石流潛勢溪流地文特性初探

沈哲緯<sup>1,\*</sup>、蕭震洋<sup>2</sup>、羅文俊<sup>3</sup>

<sup>1</sup>臺灣大學土木工程學系 博士生

財團法人中興工程顧問社防災科技研究中心 副研究員

<sup>2</sup>財團法人中興工程顧問社防災科技研究中心 助理研究員

<sup>3</sup>行政院農委會水土保持局 正工程司

### 關鍵詞

土石流潛勢溪流、  
地文因子、描述性統計

收稿：101年2月13日  
修改：101年3月2日  
接受：101年3月5日  
(本文開放討論至102年  
4月30日)

**摘要** 本研究針對行政院農委會水土保持局98年公開的花蓮縣160條土石流潛勢溪流為研究範圍，根據數值高程模型與崩塌地圖層萃取地文因子，分別為集水區幾何形狀因子、集水區高程因子、集水區坡向因子、集水區坡度因子與集水區崩塌地因子，計有五類共12項地文因子，本研究利用描述性統計探討花蓮縣土石流潛勢溪流地文因子值域分布狀況，另參考水土保持局易致災因子調查表，將上游發生區平均坡度分為三個級距，分別為大於50度、30~50度與小於30度，依照土石流歷史災害目錄將花蓮縣160條土石流潛勢溪流分成敏感溪流與非敏感溪流，以此兩類歸納地文因子於不同坡度分級之特性。最後針對本研究地文因子統整說明敏感溪流與非敏感溪流差異，藉由相互比較獲致誘發土石流之地文條件特性。

### 一、前言

行政院農委會水土保持局(以下簡稱水保局)自民國95年至96年完成「土石流潛勢地區易致災因子調查」，針對全臺土石流潛勢溪流進行現地調查與GIS圖資蒐集，然蒐集之龐大資料庫，仍可提供土石流潛勢溪流地文因子特性探討，其成果可供瞭解土石流發生關鍵地文因子特性與影響值域，提供中央與地方政府研擬減災策略與潛勢分析關鍵因子挑選之依據。

有鑑於此，本研究延續上述計畫基礎資料，以花蓮縣160條土石流潛勢溪流為研究範圍，根據5m數值高程模型(DEM)與崩塌地圖層萃取地文因子，分別為集水區幾何形狀因子、集水區高程因子、集水區坡向因子、集水區坡度因子與集水區崩塌地因子，計有五類共12項地文因子，採用描述性統計(descriptive statistics)說明花蓮縣土石流潛勢溪流地文因子值域分布狀況。此外，將土石料源供應之上游發生區單獨討論，本研究參照水保局易致災因子調查表，將發生區之平均坡度分為三個級距，分別為大於50度、30~50度與小於30度，依據96年「土石流危險聚落易致災因子調查與整治對策」計畫及97年「土石流潛勢地區易致災因子調查與危害頻率分析」計畫蒐集整理的土石流歷史災害資料，將花蓮縣160條土

\*通訊作者，電話：(02)2758-0568 轉 257  
傳真：(02)2729-0273

E-mail address: [cwshen@sinotech.org.tw](mailto:cwshen@sinotech.org.tw)

石流潛勢溪流分成敏感溪流與非敏感溪流兩類，以此兩類歸納出地文因子於不同坡度分級之特性，以獲知敏感溪流與非敏感溪流地文條件於上游不同坡度段之差異。

## 二、文獻回顧

本研究蒐集土石流因子探討、分類模式與潛勢分析等相關文獻，彙整說明如下：

### 2.1 專家評分法

水保局現行評估土石流潛勢溪流發生潛勢程度及經濟部中央地質調查所(以下簡稱地調所)針對都會區周緣坡地土石流敏感區潛勢評估皆是專家評分法。詹錢登(1994)即以溪床坡度、有效集水面積、降雨特性為指標，討論土石流發生之可能性，Pareschia et al.(2002)針對義大利南部火山區依據地貌特徵對邊坡進行分級，判定邊坡發生土石流之潛感。Liu et al.(2002)針對中國雲南五省使用集水區溝渠密度、岩石風化程度、活斷層密度、坡度大於 $25^\circ$ 佔的百分比、過去十年中的平均年降雨量和降雨大於25mm的平均天數及所有耕地中坡度大於 $25^\circ$ 的百分比等因子，做為潛感值評估之依據，進一步評估生命財產損失後，發展半定量風險度評估方法。楊明德(2005)以現地調查植被情形、崩塌規模、地質分布、溪流坡度及坡向、土石堆積粒徑等因子，用以評估土石流影響範圍與對當地居民之影響。Bisson et al.(2005)於義大利南部利用邊坡坡度大於 $25^\circ$ 所佔之百分比作為區分邊坡發生土石流之潛感的依據。

### 2.2 統計分析法

林信亨與林美聆(2002)選取8個地形因子，使用判別分析評估土石流發生之可能。吳輝龍等人(2004)使用主成分(Principle component)分析20項地文因子，選前4個主成分代入判別分析，根據分布曲線分成高中低三等級的潛勢。國外，Mark and Ellen(1995)針對San Mateo County使用邊坡坡度、事件總雨量、平均年雨量、岩性和植被情形，代入羅吉斯迴歸(logistic regression)計算土石流潛感。Cannon et al.(2003, 2004)使用多變量分析研究美國科羅拉多州 Missionary Ridge 森林火災後的土石流發生機率，計算在不同重現期降雨強度下潛感分布情形。

### 2.3 人工智慧方法

林信亨與林美聆(2002)使用倒傳遞類神經網路評估土石流發生之可能，並且認為使用倒傳遞類神經網路得到較好的結果。蕭震洋(2003)以倒傳

遞類神經網路進行陳有蘭溪各小集水區發生土石流的危險性。傅裕盛(2005)選取12項因子以多級模糊理論綜合評判，再以地震加權係數，對地震影響判定其危險等級。國外，Chang and Chao(2006)使用倒傳遞類神經網路來預測土石流發生之可能性，共選取了7個因子，包括：溪流長度、溪流平均坡度、集水區面積、形狀係數、土壤中值粒徑、形狀係數、有效累積雨量和有效降雨強度。Liu et al.(2006)運用倒傳遞類神經網路對四川西昌的邛海湖流域進行土石流潛感分析，並用此區的模型預估北京永定河流域各小集水區的土石流危險性，獲得良好成果。模糊理論方面，Deng et al.(1992), Su et al.(1993), Liu and Wang(1995, 1996), Wei et al.(1998)等中國大陸學者過去亦有相關文章發表，採用模糊理論強化土石流判定成效與提升預測準確性。

## 三、研究區域概述

以下就研究區域之地形、地質、水系及斷層構造等項進行概略說明：

### 3.1 地形與地質

花蓮縣境內多山地，平原地區僅佔少數，除部份分布於美崙溪沖積扇外，大部份呈長條狀分布於花東縱谷之兩側。山岳佔花蓮縣總面積的大部分(約87%)，3,000公尺以上之山峰約40座，屬中央山脈者以秀姑巒山(標高3,833公尺)最高，屬海岸山脈者則以新港山(標高1,628公尺)最高，地形圖如圖1所示。全縣地形可分為中央山脈區、海岸山脈區及縱谷平原區。花蓮縣之地質概況(如圖2)大致可分為三個年代及火成岩，以下分項說明：

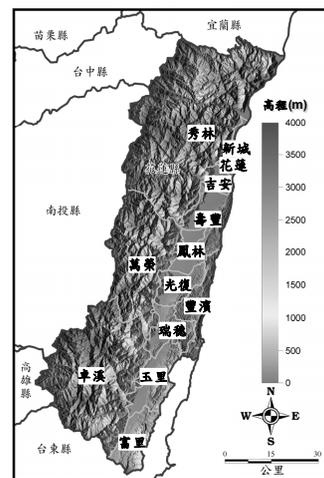


圖1 花蓮縣地形圖

(重繪自財團法人中興工程顧問社，2008)

- (1) 先第三紀及古第三紀變質岩區域：大南澳片岩及西村層、新高層，分布於中央山脈東翼。
- (2) 中新世：廬山層分布於大武、知本西側的山區，都巒山層分布於海岸山脈。
- (3) 上新世及更新世：大港口層及奇美層、利吉層、卑南山礫岩、紅土臺地堆積、隆起珊瑚礁及沖積層則分布於海岸山脈、臺東縱谷及東部海岸。
- (4) 火成岩：先第三紀之蛇紋岩及基性火成岩散布於中央山脈內；中新世之安山岩及時代不詳之輝長岩、橄欖岩、玄武岩、蛇紋岩、集塊岩散布海岸山脈各處。

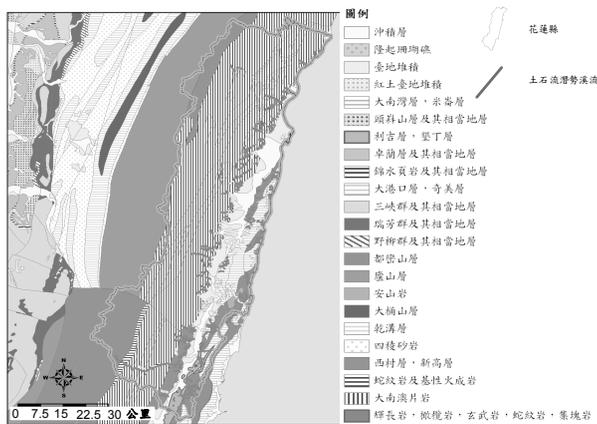


圖2 花蓮縣 1/250,000 地質圖  
(重繪自財團法人中興工程顧問社, 2008)

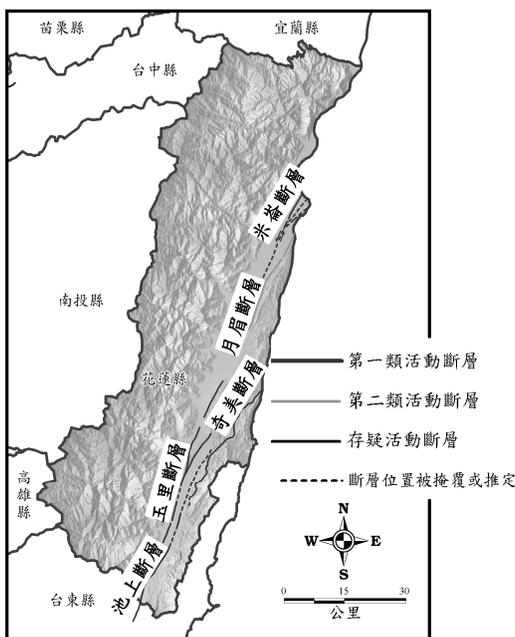


圖3 花蓮縣境內斷層分布圖  
(重繪自財團法人中興工程顧問社, 2008)

### 3.2 水系

花蓮縣境內水系大致以和平溪、花蓮溪及秀姑巒溪等三大流域為主。和平溪位於臺灣東北部宜蘭、花蓮縣界，東瀕太平洋，西接大甲溪，南鄰立霧溪，北與南澳溪及蘭陽溪接壤。

### 3.3 斷層分布

花蓮縣境內斷層包括奇美斷層、玉里斷層、月眉斷層、米崙斷層及池上斷層(如圖 3 所示)。

## 四、地文因子特性

### 4.1 集水區與溢流點產製

水保局針對土石流潛勢溪流溢流點之定義為溪床坡度 10° 的地方，並根據現地調查確定溢流點位置。本研究土石流溢流點的位置劃設，參考水保局 96 年「土石流危險聚落易致災因子調查與整治對策」計畫中溢流點劃設成果，比對經建三版 1/25,000 地形圖，將溢流點微調至地形上的隘口處。花蓮縣境內 160 條土石流潛勢溪流集水區及溢流點位置分布如圖 4 所示。

### 4.2 地文因子處理

本研究考量計算效率，將 5m 數值高程模型網格以 ArcGIS 軟體資料管理工具箱(Data management tool)中的重新取樣功能(resample)，將原有的 5m 網格，重新計算為 20m 網格，用以計算研究區土石流潛勢溪流地文因子，輔以 2001 年桃芝颱風後山崩目錄(桃芝颱風為影響花蓮縣土石流災害較重要的一起事件)，萃取獲致共 5 類合

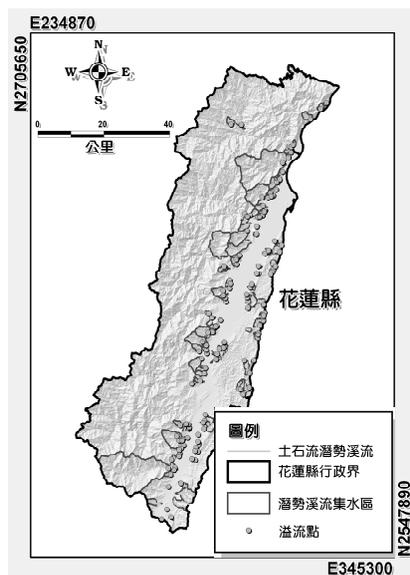


圖4 花蓮縣內土石流潛勢溪流集水區與溢流點分布圖(摘自財團法人中興工程顧問社, 2008)

計 12 個因子，以下簡述各類因子萃取方法與定義(參考財團法人中興工程顧問社，2008)：

### (1) 集水區幾何形狀因子

#### 1. 集水區面積：

流域內之集水區面積愈大，則在暴雨時期所匯集雨量的水量愈大，因此會在集水區出口處產生較大的流量。因為集水面積越大，雨水匯集的時間愈長，所以與集流時間成反比，於是可由集水區面積來評估河川尖峰流量與集流時間。Van Dine 調查加拿大 Howe Sound 地區發生土石流之溪流，發現集水區面積與土石流發生區之溪床坡度有反比例之關係存在，而發生土石流之集水區面積大小範圍一般在 0.4 到 0.7 平方公里之間(詹錢登，2000)。

#### 2. 形狀係數：

集水區形狀係數(Form factor, F)係集水區面積與集水區長度平方之比值，為 1932 年由荷頓氏(Horton)所提出。眾多學者(Strahler, 1952; Shrestha, 2001 與 Pareschia 等人, 2002)認為集水區之形狀對於河川流量特性有顯著的影響，形狀係數小於 1 時，則表示集水區狹長，而一個狹長的集水區有較小的尖峰流量，且其流量歷線較為平緩，而形狀係數大於 1 時，則表示集水區寬宏，一個寬宏的集水區則有較大的尖峰流量，且其流量歷線較為尖聳。但集水區形狀呈狹長形時，其溪流邊坡之坡度較大，易導致邊坡崩塌而使土石堆積於溪床上，因此形狀係數在對土石流潛勢溪流危險度評估之相關研究中，一直扮演著相當重要的角色。尹承遠等人(1993)曾探討臺灣地區土石流發生所得到的形狀係數在 0.13~0.34 之間；陳榮河、江英政(1999)調查新中橫公路沿線 25 處土石流潛勢溪流得其形狀係數集中於 0.1~0.5 之間。由此可知常見土石流較常發生於狹長形之集水區。

#### 3. 環性比：

定義為集水區面積除以與邊周相等圓周長之圓，環性比介於 0~1 之間，比值愈接近 1，流域形狀愈趨近於圓形，而圓形的流域，河流呈現向心狀的水系，在豪雨的侵襲下，流域各點均降雨，各支流流量在同一時間集中於匯流點，則有較大水量供應，若搭配上充足的土石來源，勢必會發生土石流。

### (2) 集水區坡向因子

多數土石流發生於颱風或暴雨之後，由臺灣地區颱風登陸之路徑統計結果發現，登陸臺灣的颱風大多為東南—西北的走向，此因素將造成迎風面所承受之雨水較背風面多，而且強風也會影

響邊坡受風化之程度，因此集水區邊坡之坡向將影響集水區承受雨量與崩塌物質的多寡。Auer and Shakoor(1993)也曾針對土石流滑動進行研究，認為邊坡坡向將影響土壤受日照程度，此一因素將影響土壤於暴雨期前之含水量、覆蓋地表的植被種類與分布狀況、地表土壤的特性及暴雨期所接受之雨水量。因各地區受日照的坡向皆有所差異，其具有區域特性。

#### 1. 平均坡向：

集水區中出現最多的坡向(區分為八大方向：北、東北、東、東南、南、西南、西、西北)，此可了解此集水區的主要坡向。

#### 2. 坡向標準差：

將各網格點計算所得坡向轉為 X 方向向量(東西向)和 Y 方向向量(南北向)，計算 X 方向向量及 Y 方向向量的標準差  $\sigma_x$  及  $\sigma_y$ ，將  $\sigma_x$  及  $\sigma_y$  平方相加後開根號即為坡向標準差  $\sigma_{xy}$ 。

$$\sigma_{xy} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2} \quad (1)$$

### (3) 集水區高程因子

#### 1. 面積高度積分(殘土率)：

即表現地表某區各高度以上面積佔全區總面積的比例。此測量指標可以得知地形的發育程度(分為幼年、壯年與老年)，若集水區為老年期，則表示下游面積較上游面積大，可視為侵蝕作用後之地表地形，侵蝕速率小於堆積速率。由此可知，此值可以表現地表的侵蝕與堆積的情況，也就是可用來當作堆積物沈積多寡的指標。

#### 2. 平均高程：

計算集水區內數值地形高程值平均值。

#### 3. 高程標準差：

計算集水區內網格高程標準差，可藉以反映集水區內地形粗糙度。

### (4) 集水區坡度因子

蕭震洋(2003)曾指出前人常以集水區或主流坡度之平均數、前 5% 集水區坡度平均值評估是否易發生土石流之坡度因子。以下就坡度平均值與前 5% 之平均坡度進行說明：

#### 1. 平均坡度：

定義為集水區內所有網格坡度平均值。集水區平均坡度愈高，愈可能在尚未達到土石流的材料混合的時候，就已經被沖刷，較不易發生土石流。

#### 2. 前 5% 平均坡度：

本研究定義為集水區內所有網格坡度排序前百分之五的坡度平均值代表最大坡度，此指標可以得知，如果最大坡度在一定的範圍以上，土石來源供應上有較大可能性。

#### (5) 集水區內崩塌地因子

根據水保局 96 年「土石流危險聚落易致災因子調查與整治對策」計畫調查結果，獲知桃芝颱風誘發土石流影響最為嚴重，故以衛星影像數化桃芝颱風事件後各集水區崩塌地，以求得集水區兩側 50 公尺範圍內總崩塌面積(單位： $m^2$ )及其崩塌率。以下簡述兩項崩塌地因子執行方法與意義：

##### 1. 集水區兩側 50 公尺範圍內總崩塌面積：

定義為集水區兩側環域 50 公尺範圍內主要影響風災的總崩塌面積，反映集水區可能影響範圍內土石料源是否足以誘發土石流。

##### 2. 集水區兩側 50 公尺範圍內崩塌率：

定義為集水區兩側環域 50 公尺範圍內主要影響風災的總崩塌面積除以集水區面積。

## 五、地文因子特性分析成果

首先根據水保局 95~96 年「土石流潛勢地區易致災因子調查」計畫建立之土石流目錄，將研究區域土石流潛勢溪流集水區分成敏感溪流與非敏感溪流，其中敏感溪流為歷史上發生過土石流且釀成災受害者，非敏感溪流反之。各項地文因子基本統計量如表 1 所示，分析結果說明如下：

### (1) 描述性統計

將不同的地文因子分割為多個值域區間，並分別統計各值域區間資料出現次數與累積百分比，以出現次數統計結果繪製花蓮縣內土石流潛勢溪流地文因子分布圖，結果如圖 5 所示。另繪製各地文因子累積百分比曲線，結果如圖 6 所示。根據兩項統計繪圖，綜合說明各地文因子歸納成果如下：

- 集水區幾何因子：集水區面積 71% $<$ 200 公頃，由於集水區面積與河川尖峰流量成反比，亦與集流時間成正比；集水區長度分布 90%落於 4km 之間；集水區周長分布 90%落於 12km 之間。由統計結果可知，花蓮縣土石流潛勢溪流集水區面積較小。
- 集水區形狀因子：根據形狀係數統計結果顯示，花蓮縣形狀係數集中於 0.15~0.30，約佔全數樣本的 59%；環性比多集中於 0.40~0.56，約佔全數樣本的 57%。由形狀因子結果顯示，花蓮縣內多屬狹長型的集水區，分析成果與尹承遠(1993)、林基源(2003)、

蕭震洋(2003)分析結果相近。

- 集水區坡向因子：平均坡向值域多集中於 75~150 度之間，約佔全數樣本之 58%，屬東南方向；坡向標準差主要反應集水區內侵蝕溝與地形起伏變化之程度，有 85%樣本落於坡向標準差為 100 之值域範圍內，且最小值為 13.40，最大值為 136.98，變異性大，表示花蓮縣內各土石流潛勢溪流集水區地形起伏差異性大且屬地形變化劇烈的區域。
  - 集水區高程因子：面積高度積分值域集中於 0.4~0.5 之間，依照 Strahler(1952)分類屬於壯年期，表示集水區發展尚存在有不少堆積物沈積量體，後續仍有可能宣洩而下造成土石流災害；平均高度多集中於 0.1~0.5km。高度標準差即是地形粗糙度，反應雨水入滲時間的長短，即是地形粗糙度越大，入滲時間會愈長，由高度標準差結果可知，花蓮縣內土石流潛勢溪流高度標準差最小值為 34.05，最大值 709.7，多集中於 50~200，約佔全數樣本的 60%，表示多數集水區地形粗糙度差異性大且變化大。
  - 集水區坡度因子：平均坡度多集中於 15~30 度，約佔全數樣本 76%，6~15 度佔 5%，其餘 19%為大於 30 度的集水區，該結果的坡度條件與崩塌供給土石流的材料特性相符。前 5%平均坡度集中 25~45 度，表示主要貢獻的坡度值域主要為 30 度左右。
  - 集水區崩塌地因子：兩側 50m 範圍內崩塌地集中分布於 5 公頃以內，崩塌率為溪流線兩側 50m 範圍崩塌地面積與集水區面積比值，多集中於 5%以內。崩塌率小於 5%佔全數樣本 95%，查詢水保局土石流易致災因子調查表得知，屬於小規模崩塌之集水區，其餘崩塌率大於 5%佔全數樣本 5%，查詢水保局土石流易致災因子調查表得知，屬大規模崩塌。
- (2) 上游發生區坡度與地文因子關係
- 本研究針對花蓮縣內 160 條土石流潛勢溪流，以蒐集的 DEM 求取上游發生區坡度，並實地進行現勘檢核後，根據現地上游發生區坡度將其區分為三個級距，分別為大於 50 度、30~50 度與小於 30 度，並將花蓮縣內 160 條土石流潛勢溪流依照土石流災害目錄分成敏感溪流與非敏感溪流，以敏感溪流與非敏感溪流兩類，依照不同坡度段之差異，可歸納出地文因子於不同坡度段之度級距與各地文因子一起展繪成圖，如此即可得知敏感溪流與非敏感溪流地文條件於上游不同坡

特性，結果如圖 7 所示。

- a. 集水區幾何因子：敏感溪流在不同上游發生區，其集水區面積多集中於 200 公頃以內；集水區長度多集中於 5km 以內；集水區周長多集中於 10km 內。

- b. 集水區形狀因子：敏感溪流在不同上游發生區，其形狀係數多集中於 0.2~0.4 之間；環性比多集中於 0.4~0.6 之間。
- c. 集水區坡向因子：敏感溪流在不同上游發生區，其平均坡向多集中於 100~150 度範圍；

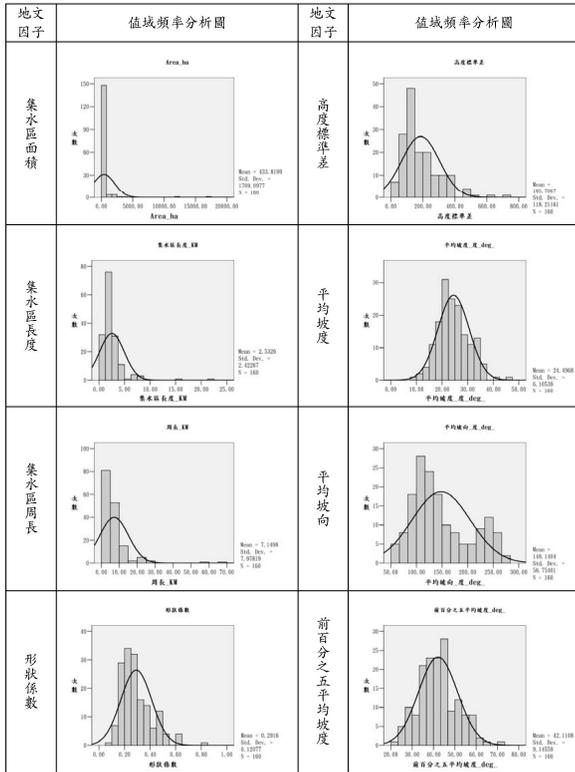


圖 5(a) 地文因子值域分布圖

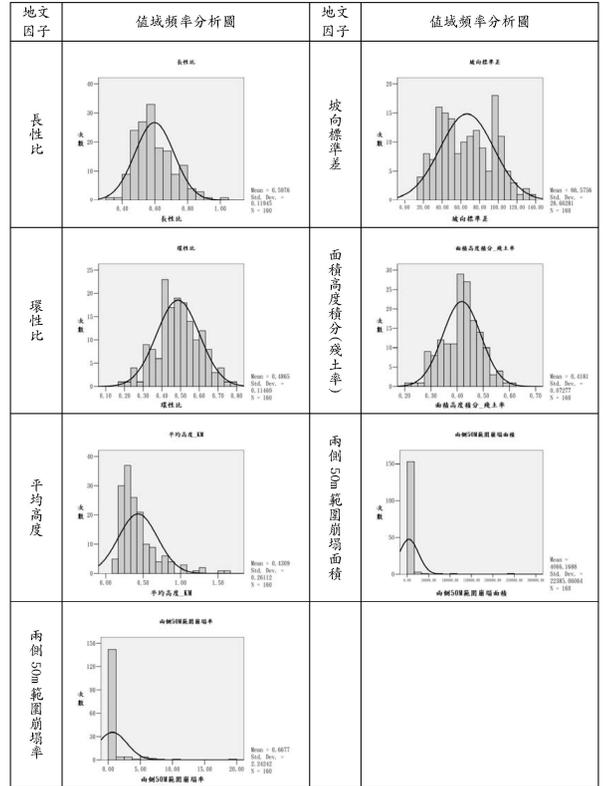


圖 5(b) 地文因子值域分布圖

表 1 各地文因子基本統計量

地文因子名稱(單位)	平均值	標準差	最小值	最大值
集水區面積(ha)	433.82	1,709.10	7.35	17,352.00
集水區長度(km)	2.53	2.42	0.40	22.26
集水區周長(km)	7.15	7.98	1.17	69.84
形狀係數	0.29	0.12	0.08	0.80
環性比	0.49	0.11	0.19	0.79
面積高度積分_殘土率	0.42	0.07	0.22	0.62
平均高度(km)	0.43	0.26	0.11	1.67
高度標準差	185.71	118.21	34.05	709.70
平均坡度(度)	24.50	6.11	8.44	45.95
平均坡向(度)	148.14	56.75	54.33	283.33
前百分之五平均坡度(度)	42.11	9.15	23.13	71.87
坡向標準差	66.58	28.66	13.40	136.98
兩側 50m 範圍崩塌面積(m <sup>2</sup> )	4,066.17	22,385.06	0.00	246,018.00
兩側 50m 範圍崩塌率	0.67	2.24	0.00	19.16

坡向標準差在 27.5~37.5 之間。

d. 集水區高程因子：敏感溪流在不同上游發生區，其高度標準差多集中於 200 以內；面積高度積分多集中於 0.35~0.55 之間；平均高度多集中於 100~500m。

e. 集水區坡度因子：敏感溪流在不同上游發生區，其平均坡度多集中於 15~30 度之間；前

5%平均坡度多集中於 25~40 度之間。

f. 集水區崩塌地因子：敏感溪流在不同上游發生區，其集水區兩側 50m 範圍內崩塌地面積多集中於 2 公頃以內；崩塌率多集中於 2~4% 區間。

### 六、結論

(1) 根據統計結果顯示，集水區面積有 71% 小於 200 公頃，顯示花蓮縣土石流潛勢溪流集水區面積較小。形狀係數集中於 0.15~0.30；

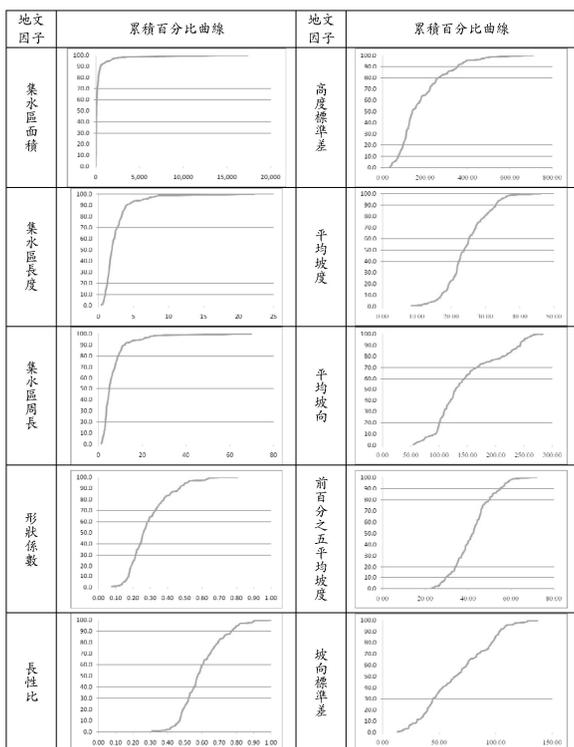


圖 6(a) 地文因子累積百分比曲線

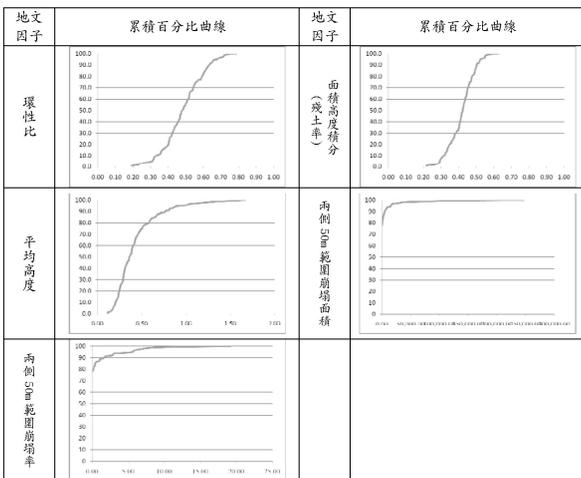


圖 6(b) 地文因子累積百分比曲線

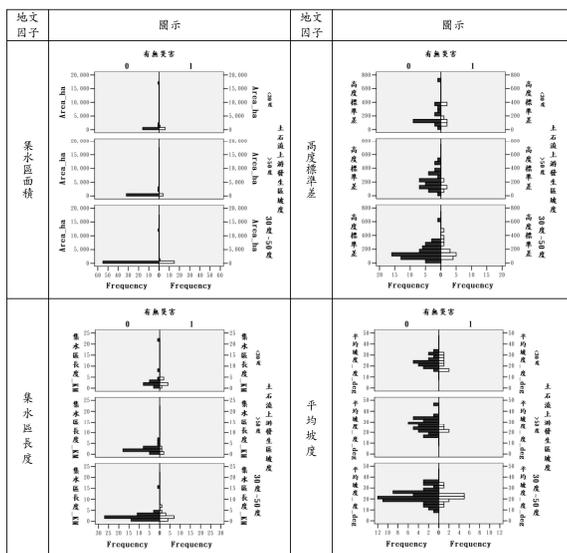


圖 7(a) 土石流上游發生區與各地文因子間關係圖

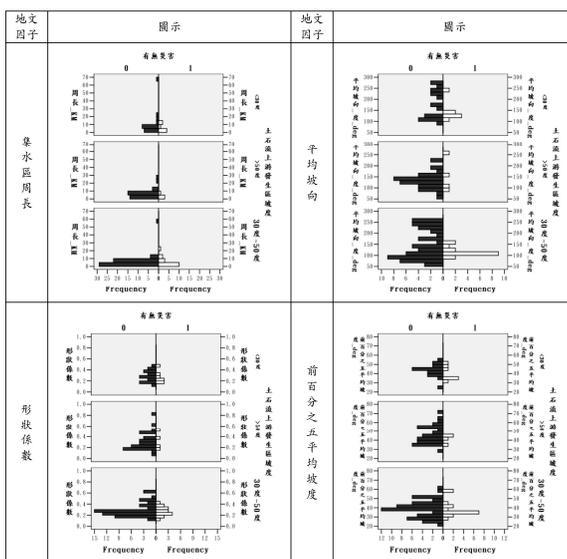


圖 7(b) 土石流上游發生區與各地文因子間關係圖

環性比多集中於 0.40~0.56，顯示花蓮縣內多屬狹長之集水區。

- (2) 根據統計結果顯示，平均坡向值域多集中於 75~150 度以內，屬東南方向；面積高度積分值域集中於 0.4~0.5 之間，依照 Strahler(1952) 分類屬於壯年期；高度標準差即是地形粗糙度，多集中於 50~200，結果顯示花蓮縣集水區變異性大，地形起伏大。
- (3) 根據統計結果顯示，平均坡度多集中於 15~30 度，約佔全數樣本 76%，另由前 5% 平均坡度

落於 25~45 度，表示主要貢獻的坡度值域為 30 度左右。

- (4) 根據統計結果顯示，崩塌率多集中於 5% 以內，佔全數樣本 95%，屬於小規模崩塌之集水區，其餘崩塌率大於 5% 佔全數樣本 5%，屬大規模崩塌。
- (5) 由土石流上游發生區與各地文因子間關係圖可知，敏感溪流在不同上游發生區，其集水區面積集中於 200 公頃以內；集水區長度多集中於 5km 以內；集水區周長多集中於 10km 以內；形狀係數多集中於 0.2~0.4 區間；長性比多集中於 0.4~0.7 之間；環性比多集中於 0.4~0.6 之間；平均坡向多集中於 100~150 度範圍；坡向標準差在 27.5~37.5 之間；高度標準差多集中於 200 以內；面積高度積分多集中於 0.35~0.55 之間；平均高度多集中於 100~500m；平均坡度多集中於 15~30 度之間；前 5% 平均坡度多集中於 25~40 度之間；集水區兩側 50m 範圍內崩塌地面積多集中於 2 公頃以內；崩塌率多集中於 2~4% 區間。

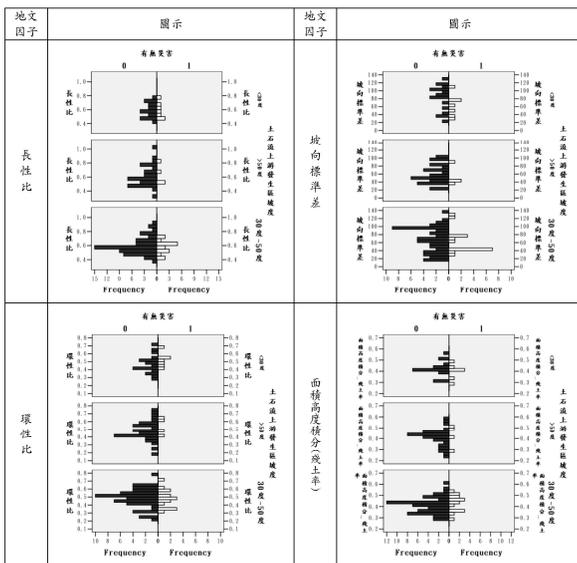


圖 7(c) 土石流上游發生區與各地文因子間關係圖

### 致謝

感謝行政院農委會水土保持局提供計畫經費補助(編號 SWCB 98-142)，及本文編撰過程中協助過的中興工程顧問社同事，於此一併申謝。

### 參考文獻

- [1] 尹承遠、翁勳政、吳仁明、歐陽湘(1993)，「台灣土石流之特性」，工程地質技術應用研討會(V)論文集，第 70-90 頁。
- [2] 吳輝龍、陳文福、張維訓(2004)，「集水區地文特性因子與土石流發生機率間相關性之研究—以陳有蘭溪為例」，中華水土保持學報，第 35 卷，第 3 期，第 251-259 頁。
- [3] 林信亨、林美聆 (2002)，「地理資訊系統及類神經網路應用於土石流危險溪流危險度判定」，土工技術，第 90 期，第 73-84 頁。
- [4] 林基源(2003)，「陳有蘭流域土石流發生潛勢判定模式之研究」，國立中興大學土木工程學系博士論文。
- [5] 財團法人中興工程顧問社(2006)，「土石流危險聚落易致災因子調查與整治對策」，行政院農業委員會水保局委託成果報告。
- [6] 財團法人中興工程顧問社(2007)，「土石流危險聚落易致災因子調查與整治對策」，行政院農業委員會水保局委託成果報告。

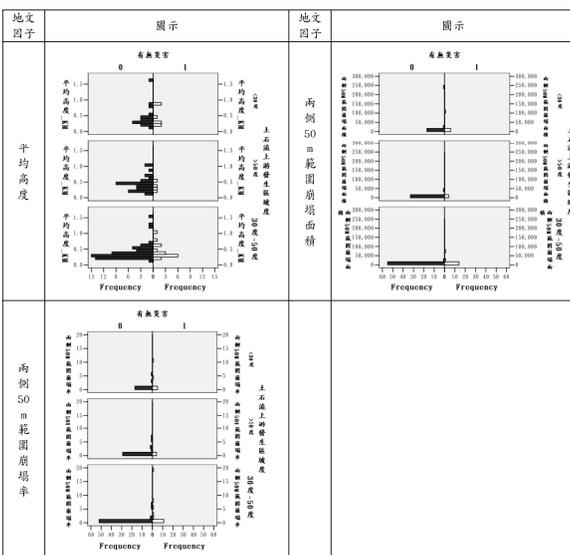


圖 7(d) 土石流上游發生區與各地文因子間關係圖

- [7] 財團法人中興工程顧問社(2008),「97年土石流潛勢地區易致災因子調查與危害頻率分析」,行政院農業委員會水保局委託成果報告。
- [8] 財團法人中興工程顧問社(2009),「98年莫拉克颱風後土石流潛勢地區易致災因子調查」,行政院農業委員會水保局委託成果報告。
- [9] 陳榮河、江英政(1999),「新中橫公路邊坡破壞之調查」,第二屆土石流研討會論文集。
- [10] 陳文福、李毅宏、吳輝龍(2005),「結合地文與降雨條件以判定土石流發生之研究—以陳有蘭溪集水區為例」,臺灣地理資訊學刊,第2期,第27-44頁。
- [11] 傅裕盛、曹鎮、徐義人(2005),「模糊理論應用於土石流危險度分析之研究」,中華水土保持學報,第36卷,第2期,第113-123頁。
- [12] 詹錢登(1994),「土石流危險度之評估與預測」,中華水土保持學報,第25卷,第二期,第95-102頁。
- [13] 詹錢登(2000),「土石流概論」,科技圖書股份有限公司。
- [14] 楊明德、蘇東青、楊樺芬(2005),「草嶺地區土石流潛勢調查與評估」,中華水土保持學報,第36卷,第3期,第301-312頁。
- [15] 蕭震洋(2003),「以類神經網路及數值地形分析潛在危險性的土石流區:南投陳有蘭溪流域為實例」,國立臺灣海洋大學應用地球物研究所碩士學位文,共135頁。
- [16] Auer, K. and A. Shakoor(1993), "A statistical Approach to Evaluate Debris Avalanche Activity in Central Virginia" *Engineering Geology*, Vol.33, pp. 305-321.
- [17] Bisson, M. et al.(2005), "A rapid method to assess fire-related debris flow hazard in the Mediterranean region: An example from Sicily(southern Italy)", *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, Vol.7, pp. 217-231.
- [18] Cannon, S.H. et al.(2003), "Wildfire-related debris flow generation through episodic progressive sediment bulking processes, western U.S.A.", in Ricjenmann, D. and Chen, C.L., eds., *Debris-flow hazards mitigation - Mechanics, prediction, and assessment - Proceedings of the Third International Conference on Debris-Flow Hazards Mitigation*, Davos, Switzerland, 10-12 September 2003: Rotterdam, A.A. Balkma, pp. 71-82.
- [19] Chang, T.C. and Chao, R.J.(2006), "Application of back-propagation networks in debris flow prediction", *Engineering Geology*, Vol.85, pp. 270-280.
- [20] Horton, R.E.(1932), "Drainage Basin Characteristics," *Trans. Amer. Geophys. Union*, Vol.13, pp.350-361.
- [21] Li Chen-Yeng, Lo Wen-Chun, Chen Chen-Yu, Shen Che-Wei, Tsao Ting-Chi(2010), "Using Logistic Regression to Predict the Susceptibility of Debris Flow Hazard in Hualien,Taiwan", 4th Japan-Taiwan Joint Workshop on Geotechnical Hazards from Large Earthquakes and Heavy Rainfalls, pp431 - 441.
- [22] Liu, X. et al.(2002), "Empirical Assessment of debris flow risk on a regional scale in Yunnan Province", *Southwestern China, Environmental Management*, Vol.30, No.2, pp. 249-264.
- [23] Liu, Y. et al.(2006), "Neural network modeling for regional hazard assessment of debris flow in Lake Qionghai Watershed", *China, Environmental Geology*, Vol.49, pp. 968-976.
- [24] Mark R.K. and Ellen S.D.(1995), "Statistical and simulation models for mapping debris-flow hazard", *Geographical Information Systems in Assessing Natural Hazards*, pp.93-106.
- [25] Pareschia, M.T., Santacroceb, R., Sulpiziob, R., Zanchetta, G. (2002), "Volcaniclastic debris flows in the Clanio Valley (Campania, Italy): insights for the assessment of hazard potential". *Geomorphology*, Vol.43, pp. 3-4.
- [26] Strahler, A.N. (1952), "Hypsometric (area-altitude) analysis of eorsional topography", *Geological Society of America Bulletin*, Vol.56, pp. 275-370.
- [27] Shrestha, M.B. (2001), "Study on restoration of vegetation for conservation of the dilapidated mountainous regions of Nepal", Ph.D dissertation, United graduate school of agricultural sciences, Gifu university, Japan, pp 243.

# A Preliminary Study of Geomorphologic Factors Characteristics of Potential Debris Flow Torrents in Hualien County

Che-Wei. Shen<sup>1,\*</sup>, Cheng-Yang Hsiao<sup>2</sup>, Wen-Chun Lo<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Associate Researcher, Disaster Prevention Technology Research Center, Sinotech Engineering Consultants, INC., Taipei 11071, Taiwan.

Ph.D Student, Department of Civil Engineering, National Taiwan University, Taipei 10617, Taiwan.

<sup>2</sup> Assistant Researcher, Disaster Prevention Technology Research Center, Sinotech Engineering Consultants, INC., Taipei 11071, Taiwan.

<sup>3</sup> Senior Engineer, Soil and Water Conservation Bureau, Council of Agriculture, Nantou 54044, Taiwan..

## Keywords

Debris Flow Potential  
Torrent; Geomorphologic  
Factor; Descriptive  
Statistics

## Article history

Received 13 February 2011  
Revised 2 March 2011  
Accepted 5 March 2011  
(Discussion Period Open  
Until 30 April 2012)

**Abstract** This study extracted 12 geomorphologic factors of the 160 potential debris flow torrents in Hualien County and sorted in five categories: factor of form, factor of aspect, factor of elevation, factor of slope, and catchments. Descriptive statistics was applied to analyze the distribution of geomorphologic factors of potential debris flow torrents in Hualien County. The slope gradient of upper streams of the 160 potential debris flow torrents in Hualien County were classified into 3 groups based on slope gradient of catchment: more than 50 degrees, 30 to 50 degree, and less than 30 degrees, and divided the torrents into sensitive and non-sensitive based on debris-flow hazard inventory, and plotted different slope groups with geomorphologic factors to find out the differences of geomorphologic factors between different slope groups. Finally, the 12 geomorphologic factors were compared within the sensitive and non-sensitive torrents to identify the characteristics of geomorphologic factor which might trigger debris flow.

\*Corresponding author. TEL.: +886 +2 +2758-0568 ext. 257;

FAX: +886 +2 +2729-0273

E-mail address: [cwshen@sinotech.org.tw](mailto:cwshen@sinotech.org.tw)