

中部地區土石流現場調查與分析

Field Investigation and Analysis of Debris Flow in Central of Taiwan

高苑工商專科學校土木工程科講師

國立成功大學防災研究中心主任

國立成功大學水利及海洋工程研究所教授

張 東 炯

謝 正 倫

Tung-chueng Chang

Chjeng-lun Shieh

摘 要

本文之目的係由現場調查與分析，研究本省中部地區，包括苗栗縣，臺中縣，南投縣，彰化縣及雲林縣五個地區之土石流現況及其特性。

首先進行此五縣市內之土石流危險溪流現場調查，經確認苗栗縣有33條，臺中縣有15條，南投縣有64條，彰化縣有3條，及雲林縣有4條，此五縣市共計有119條曾有土石流發生過。而危險溪流之地形特性經分析後統計，溪流坡度大部份分佈於10度至25度之間，佔總數之82%，溪流長度集中於500公尺至2500公尺之間，佔總數之81%，另外集水面積則以10至170公頃之間，佔總數之68%。

其次，就降雨與土石流發生間之關係進行分析，得知在本研究調查區曾發生土石流之暴雨中，而以23mm/hr為其下限值，但皆小於其5年頻率年降雨量72mm/hr。最後，將土石流之土砂流出量與集水區之地形因子作一分析，同時推估本研究區域土石流在溪床上通過所造之侵蝕深度約在1.3~4m之間。

關鍵詞：土石流，現場調查。

ABSTRACT

This paper presents the study of the debris flow in the Yunlin, Changhua, Taichung, Nantu and Miaoli counties through both field investigation and analysis.

Field investigation on streams with high potentials for the debris flow to happen in these counties is conducted first. As a result, a total of 119 streams are found to have experienced of the debris flow in the past. Analyzing the geographical characteristics of these streams, it is interesting to find that most of the slopes about 82 percent are between 10 to 25 degree, almost 81 percent of the streams have the length from 500 to 2500 meter, and 69 percent of watershed area between 10 to 170 hectares.

The relationship between the precipitation and debris flow was analyzed. During the happened of debris flow in past, the minimum intensity is 23 mm/hr, the range lays below the

Taichung area precipitation record 72mm/hr with return period of 5 years.

Finally, the quantity of the debris is connected to the size of watershed area. And the erosion depths on the stream bed are estimated to be 1.3 to 4 m.

Keywords : Debris Flow, Field Investigation.

一、前言

臺灣為一多山平地少之海島型國家，土地資源狹小，地質屬脆弱型，地勢坡度陡峭，且人口密度甚高，因此對於平地使用之需求更加為高，惟近年來工業與經濟之快速成長及環保意識抬頭之下，平地需求之使用已漸達飽和，而山坡地之開發便成為本省土地開發之重點。惟囿於本省地質、地形之影響，再逢上本省每年6月到10月之颱風降雨季節所帶來豐沛雨量，造成了本省山區大規模之土石災害，其中尤以土石流災害更屬嚴重，而居住於山坡地上之人口，其生命及財產之損失也就令人更為之擔憂。綜觀近年來本省中部地區所發生之土石流災害計有：民國78年7月27日在彰化縣二水鎮，民國83年8月10日（道格颱風）在臺中縣東勢鎮麻竹坑，民國78年9月12日南投縣鹿谷鄉溪頭，另外南投縣信義鄉豐丘村亦在民國74年8月23日及民國75年8月22日曾發生大規模土石流，而十年後又於民國85年8月1日之賀伯颱風侵襲下再度造成土石流災害，同時該縣水里鄉郡坑村，上安村，新山村，鹿谷鄉和雅村及仁愛鄉亦遭受土石流災害，此次災害共造成南投縣共計22人死亡；房屋全倒34幢及農業財物損失之慘痛事件。有關臺灣近年來重大土石流災害發生一如表1。由上述土石流造成之災害，確實影響著人民生命財產之鉅大損失，亦使得國家經濟資源蒙受重大影響，因此，土石流防治對策應從軟體及硬體設備上同時進行，例如民國83年首先在花蓮縣榕樹村設立本省第一座土石流預警系統，該系統歷經多次颱風考驗，即時疏散當地住戶，有效預防土石流災害之發生，惟不管是硬體或軟體設施，對於該地區之水文氣象及地形因子等資料之詳細了解才更能達到預期之成效。

本文為更進一步了解土石流發生之可能性，

乃從本省中部之雲林縣、彰化縣、台中縣、南投縣及苗栗縣著手進行現場土石流危險溪流調查，期能對本區域土石流危險溪流之分佈狀況詳細了解。另外，並更進一步蒐集本區域近年來曾發生的大規模土石流災害時間、地點、降雨等資料進行分析，希望經由本文之土石流與水文氣象之關係，以提供更進一步土石流災害之防治對策及理論研究之用。

二、土石流危險溪流分佈狀況

本省民國85年8月1日賀伯颱風在南投縣鹿谷鄉、信義鄉、水里鄉造成土石流災害之慘劇，震驚全國，而土石流危險溪流之調查工作，實刻不容緩。概因，土石流危險溪流之劃定可以提供政府有關機關及當地居民一重要訊息，以儘早集思廣益，做好防治災害之規劃工作，使災害發生後之損失達到最小程度。土石流是由固結或半固結物質所發生之集體流動現象，故它含有大量之泥、砂、礫及巨石等與水混合受重力作用後沿溪谷沖下。本文土石流危險溪流之定義，係指經現場調查後發現，該溪流過去曾有土石流發生的經過，且在其流域內有住家及公共設施等保全對象，然而流域內縱然有土石流之發生但無保全對象者並未列入本文中之危險溪流範圍，有關土石流危險溪流的現場調查方法係依據謝(1992)之方式進行。首先由航照圖或地形圖上找出溪床坡度大於(15度)之地點，並量測該點以上之集水面積是否大於最小之有效集水面積($A_c=5ha$)。若具備上述條件則可視為高敏感度之土石流危險溪流，如果集水面積小於(A_c)時，則應視現場調查結果方能判定。

如果整條溪流之縱剖面中並無大於15度之坡度者，則進一步找出溪床坡度大於10度之地點，並量測該點以上之集水面積是否超過最小之有效

表 1. 歷年國內重大土石流災害

時 間	暴 雨 名 稱	地 點
70 年 7 月 19 日	豪 雨	新 竹 芎 林
71 年 8 月 11 日	豪 雨	台 北 林 口
75 年 8 月 22 日	韋 恩 颱 風	南 投 豐 丘
75 年 11 月 28 日	豪 雨	南 投 豐 丘
78 年 7 月 27 日	豪 雨	陽 明 山 馬 槽
78 年 9 月 12 日	豪 雨	彰 化 二 水
79 年 6 月 23 日	歐 菲 莉 颱 風	花 蓮 銅 門
79 年 9 月 日	黛 特 颱 風	花 蓮 紅 葉
80 年 9 月 日	耐 特 颱 風	台 東 瀧 橋 (南迴公路)
83 年 2 月 日	豪 雨	高 雄 南 橫 99K (少年溪)
83 年 8 月 07 日	豪 雨	東 勢 麻 竹 坑
83 年 7 月 10 日	豪 雨	花 蓮 東 興
83 年 8 月 日	豪 雨、凱 特 琳 颱 風	南 投 廬 山

集水面積(Ac)。若符合本條件者,則進行現場調查以決定是否為土石流危險溪流,若坡度或面積皆不合於上述條件時,則暫不列入土石流危險溪流之優先考慮。

現場調查中主要以溪流上游有無崩塌地或其下游有無扇狀地及其他土石流之痕跡為主。今將雲林縣、彰化縣、臺中縣、南投縣,及苗栗縣五縣市所調查出之土石流危險溪流分別繪於圖 1、圖 2、圖 3、圖 4、圖 5。雲林縣土石流危險溪流經現場調查有 4 條,分佈於該縣之古坑鄉,如圖 1,彰化縣土石流調查後僅有 3 條,如圖 2 大多分佈於二水。臺中縣土石流危險溪流如圖 3,該縣經現場調查確認之土石流危險溪流計有 15 條,集中於該縣東側之和平鄉及南側之新社鄉、太平鄉,另外西北側之外埔鄉、清水鎮亦有零稀土石流危險溪流。圖 4 係南投縣土石流危險溪流,全縣土石流為危險溪流計有 65 條之多,大部份分佈於東側之仁愛鄉及南側之水里、信義、鹿谷等鄉,而北側分佈稀少。在苗栗縣土石流危險溪流經現場調查確認者共有 33 條,如圖 5,大部份分佈於東側之南庄鄉、泰安鄉,而西南側土石流危險溪流所佔數量較少。從以上中部地區土石流現場調查得知,南投縣之土石流危險溪流數較其他四縣為多。

三、土石流危險溪流之地形特性

根據本省以往對土石流發生研究報告如江永哲(1985),游繁結(1987)及謝正倫(1992)可歸納出影響土石流發生的機制條件計有:降水量、溪流坡度、溪流長度及集水面積,而溪流坡度、溪流長度、集水面積等地形特性將於本節中針對各個不同縣之土石流危險溪流予以統計分析,以便經由現場調查結果了解地形特性對土石流危險溪流之影響。

1. 坡度特性分析

本文土石流危險溪流之溪床平均坡度(S)計算係依下式計算:

$$S = \tan^{-1}[(\text{溪床上游高程} - \text{溪床下游高程}) / \text{溪谷長度}]$$

雲林縣土石流危險溪流平均坡度全集中於 15°~25°之間如圖 6(a)。彰化縣土石流危險溪流溪床平均坡度經調查全部集中在 15 度至 20 度之間,如圖 6(b)。而臺中縣土石流危險溪流溪床平均坡度分佈如圖 6(c),大多分佈於 10 度至 25 度之間,佔總數之 87%,其中以 20 度至 25 度之間為數最多,佔總數 47%

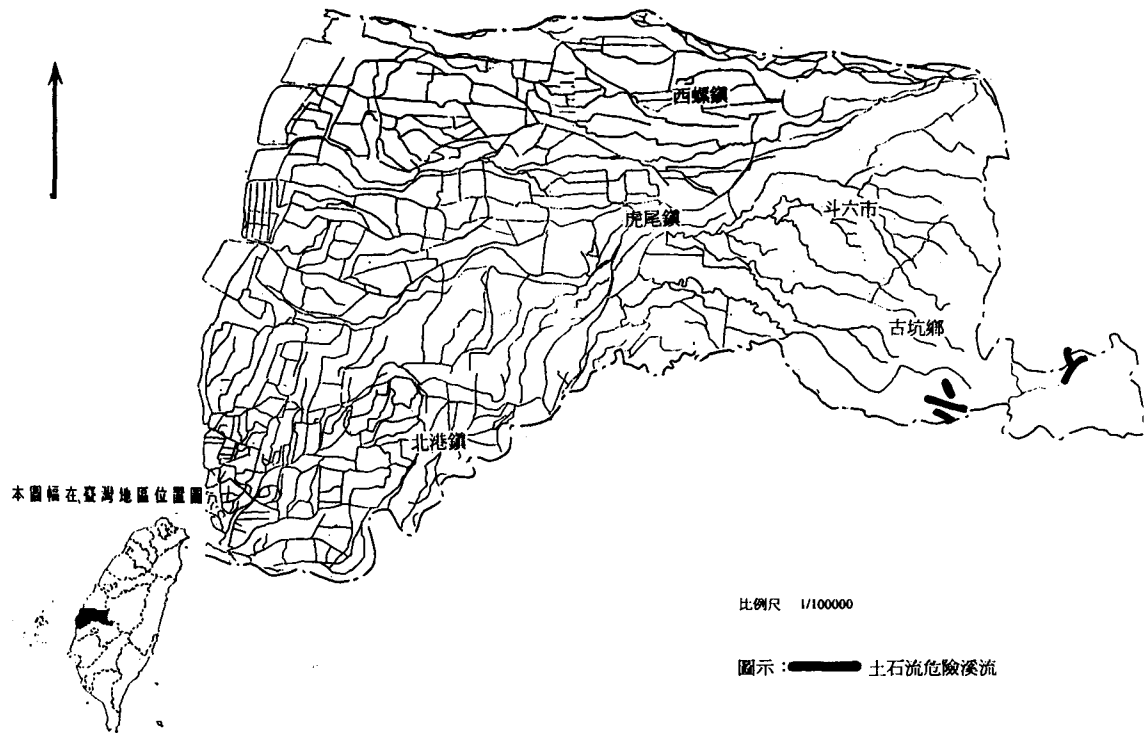


圖 1. 雲林縣土石流危險溪流分佈圖

，35 度以上及 10 度以下並無土石流發生。圖 6(d)係南投縣土石流危險溪流溪床坡度分佈，多數集中在 10 度至 30 度之間，佔總數之 95%，其中以 20 度至 25 度之間占數最多，為 44%，坡度 35 度以上甚為稀少，5 度以下無土石流發生。另外苗栗縣之土石流危險溪流溪床坡度分佈如圖 6(e)，集中分佈於 15°~35°，占總數 94%，尤以 20°~25°間占最多，佔總數 46%，35°以上土石流發數甚少，15°以下幾乎不存在。

雲林縣、彰化縣、台中縣、南投縣、苗栗縣五縣總計有 119 條土石流危險溪流發生，大部份溪床坡度集中在 10°~25°之間佔數最多，約佔總數之 82%，如圖 6(f)。其中 20°~25°所佔比例即高達 43%。

2. 長度特性分析

溪流長度係依 1/25000 之地形圖，由溪流之谷口往上量至上游無法辨別出溪谷處為止之長度，而從圖中得知，土石流危險溪流之河川級序大部份屬 1~2 級。圖 7(a)係雲林縣土石流危險溪流長度分佈圖，其

溪流長度集中在 500 公尺至 1500 公尺之間，約佔總數之 75%。圖 7(b)是彰化縣溪流長度分佈圖，全縣 3 條土石流危險溪流之長度全在 500 公尺至 550 公尺之間，溪流長度較短。台中縣之危險溪流長度分佈較廣，以 500 至 3000 公尺之間，佔總數之 93%，如圖 7(c)。南投縣危險溪流長度平均分佈在 500 至 2500 公尺之間，佔總數之 86%，其中又以 1000 至 1500 公尺之間佔最多，達總數之 35%，500 公尺以下 3500 公尺以上之危險溪流已非常稀少，如圖 7(d)。圖 7(e)係苗栗縣土石流危險溪流長度分佈圖，本縣危險溪流長度平均分佈在 500 至 2500 公尺之間，佔總數之 85%，而 1000 至 1500 公尺之間分佈最集中，占總數 43%。500 公尺以下及 3000 以上土石流發生較為稀少。此五縣合併總計後，長度在 500 至 2500 公尺間之危險溪流佔總數之 81%，如圖 7(f)。

3. 集水面積特性

土石流危險溪流之集水面積係以溪谷出口處為基準點，在該點以上之集水面積稱之。

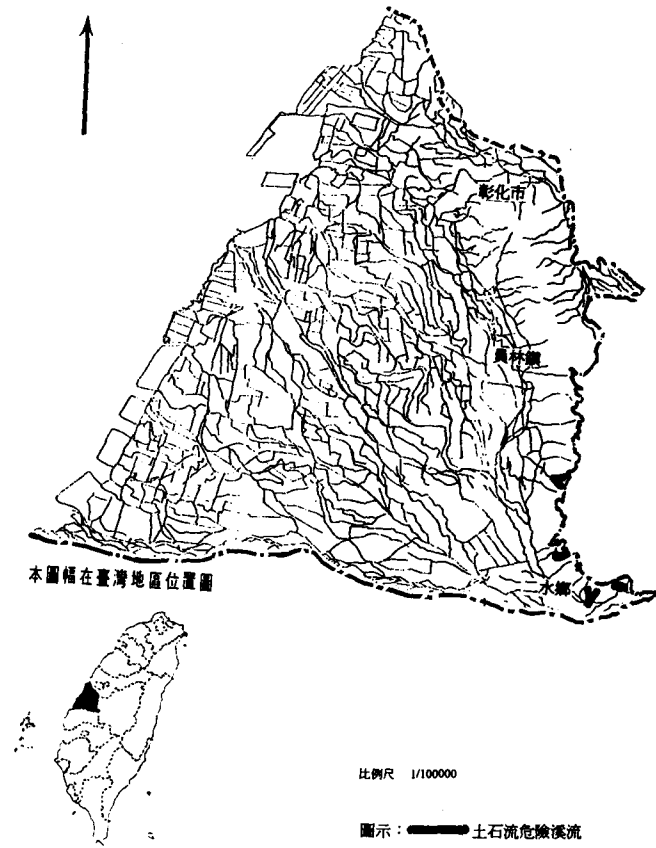


圖 2. 彰化縣土石流危險溪流分佈圖

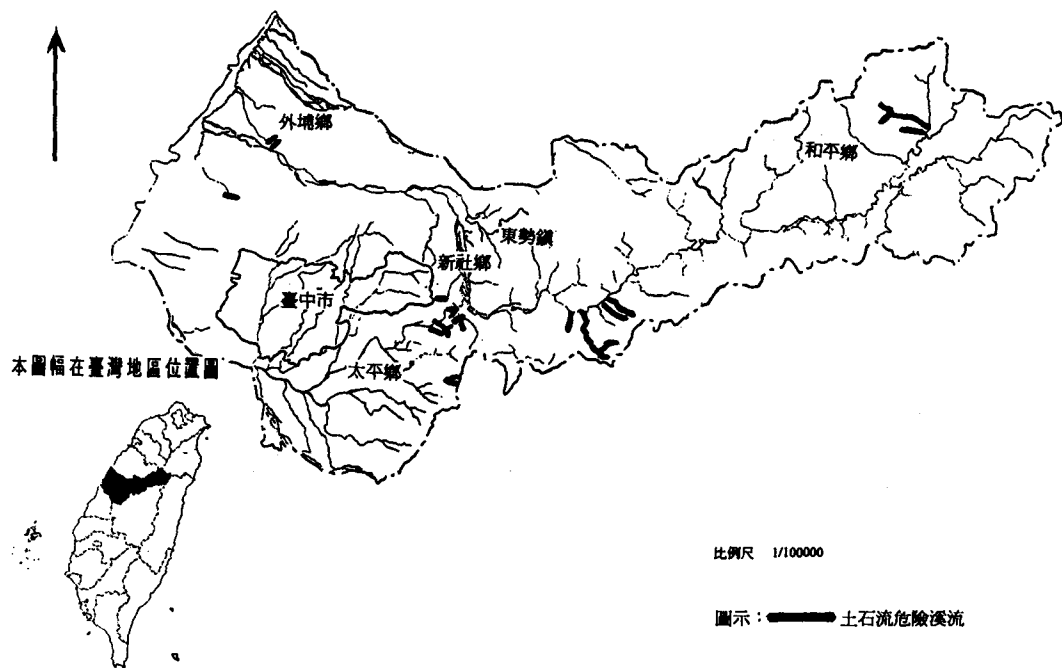


圖 3. 台中縣市土石流危險溪流分佈圖

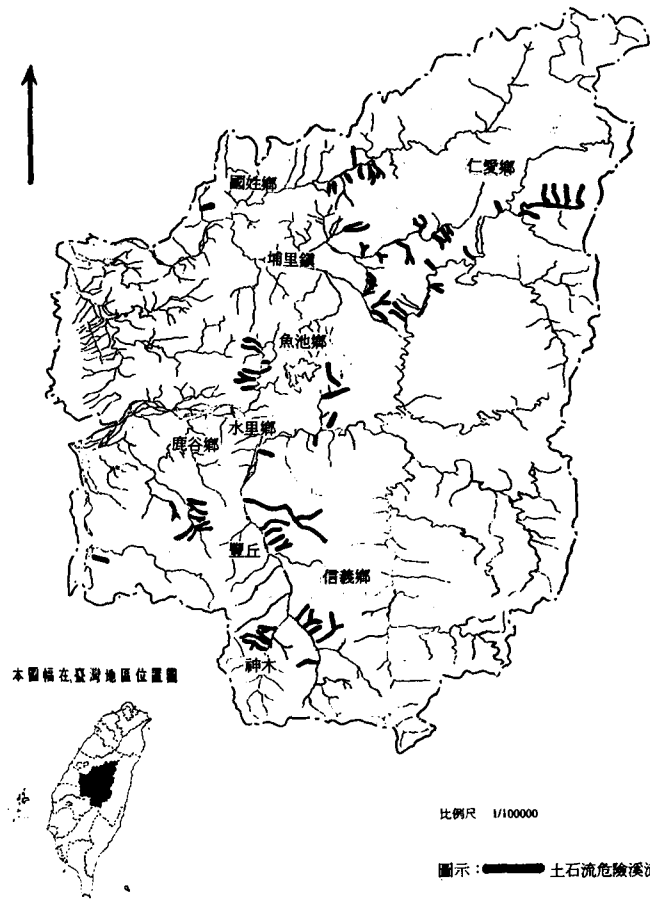


圖 4. 南投縣土石流危險溪流分佈圖

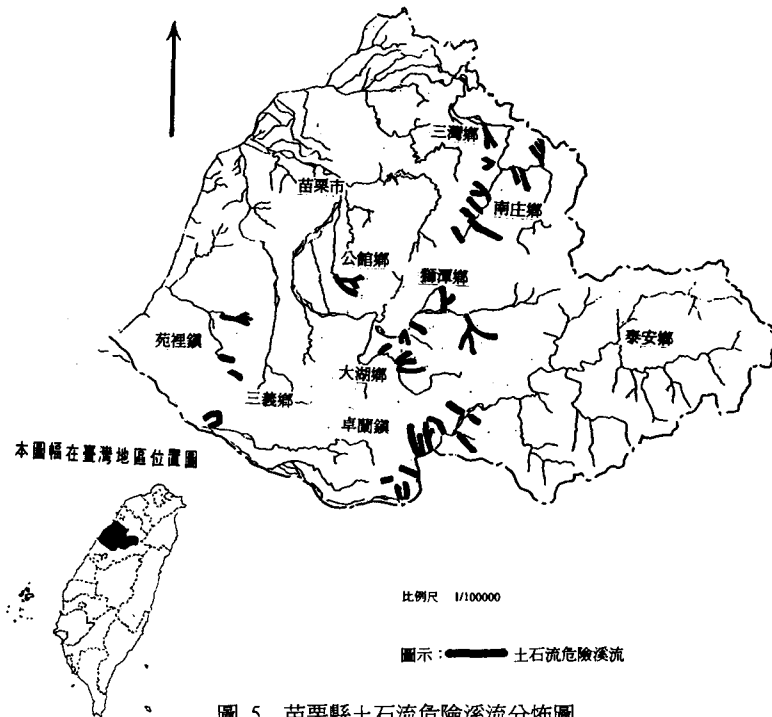


圖 5. 苗栗縣土石流危險溪流分佈圖

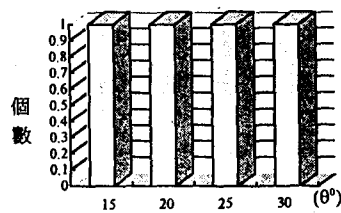


圖 6(a) 雲林縣

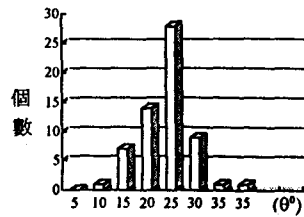


圖 6(d) 南投縣

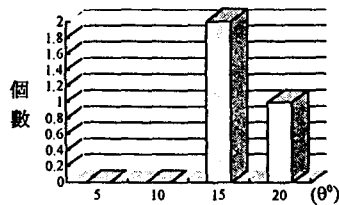


圖 6(b) 彰化縣

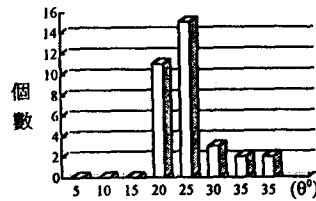


圖 6(e) 苗栗縣

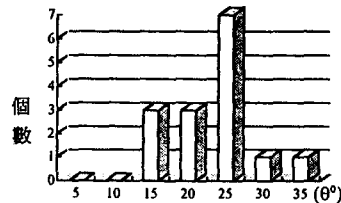


圖 6(c) 台中縣

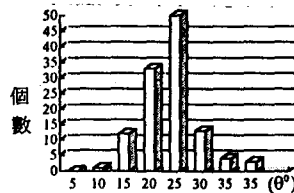


圖 6(f) 中部地區

圖 6. 中部地區土石流危險溪流坡度分佈圖

雲林縣土石流危險溪流之集水面積分佈從 12 公頃到 422 公頃，如圖 8(a)。由圖 8(b)知，彰化縣內危險溪流之集水面積較小，全部集中在 10~20 公頃之間。而台中縣內之危險溪流集水面積分佈較廣，從 10 至 200 公頃之間，佔總數之 47%，其中以 80 至 130 公頃之溪流佔較多數，約為總數之 27%，10 公頃以下無土石流危險溪流之發生，如圖 8(c)。在南投縣地區危險溪流之集水面積分佈集中在 20 至 170 公頃之間，佔總數之 78%，其中以 30 至 100 公頃之間佔多數，約為總數之 52%，20 公頃以下幾乎沒有土石流危險溪流存在，如圖 8(d)。圖 8(e)係苗栗縣危險溪流集水面積，平均分佈在 40 至 200 公頃之間，佔總數之 73%，60 至 70 公頃間所佔比例最多，為總數之 15%，而 40 公頃以下並無危險溪流。今將此五縣之集水面積做合併統計如圖 8(f)，顯示集水面積在 10 公頃至 170 公頃間之危險溪流佔總數之 68%，其中以 60 至 100 公頃之間佔總數之 28%，而共同之特徵是 10 公頃以下並無土石流發生之實例。

本節係分別從溪床坡度、溪流長度及溪流集水面積對土石流危險溪流做一統計分析，而溪床坡度更是影響土石流發生條件的主要關鍵之一，因一定的坡度之下才足以促使溪床之堆積物產生下滑之作用力，溪流長度、溪流集水面積兩項則係影響溪各出口土砂量大小之因子。在高橋（1974）理論，土石流之發生其溪床坡度約可定在 15° ~ 22° 之間，唯若考慮土石流之過渡現象則可定在 10° ~ 30° 。從日本一些土石流災害發生現場資料亦顯示坡度在 10° ~ 30° 間之溪床係土石流發生最頻繁之處。本文依上述觀點，將各縣溪床坡度在 15° 以上之集水面積另予統計，如圖 9(a)~9(e)，今將各縣危險溪流集水面積 10~170 公頃所佔比例統計分述如下，其中雲林縣及彰化縣共 7 條危險溪流均在坡度 15° 以上，台中縣佔 57%，南投縣佔 77%，苗栗縣佔 56%，最後將五縣合併統計發現坡度 15° 以上、集水面積 10~170 公頃之間之土石流危險溪流即佔總數之 71%，如圖 9(f)。因此本調查區域以坡度為 15° 之集水面積分佈比以谷口為基準之集水面積分佈較為集中。

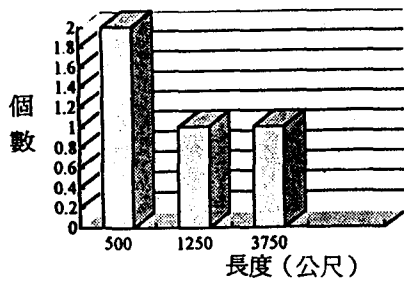


圖 7(a) 雲林縣

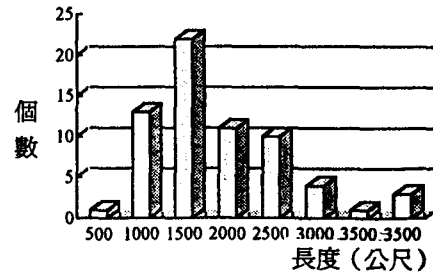


圖 7(d) 南投縣

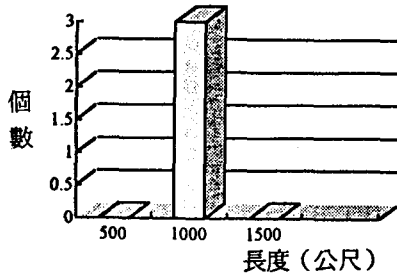


圖 7(b) 彰化縣

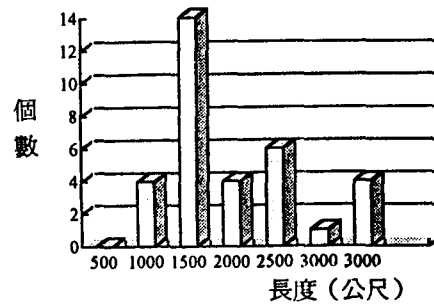


圖 7(e) 苗栗縣

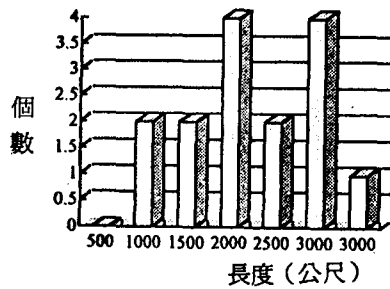


圖 7(c) 台中縣

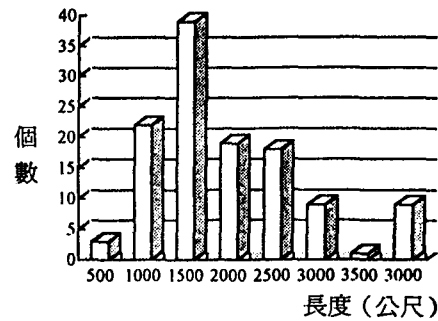


圖 7(f) 中部地區

圖 7. 中部地區土石流危險溪流長度分佈圖

4. 崩場地與土石流危險溪流之關係

土石流發生往往帶來大量之土砂，當土砂量往下沖刷，便造成下游地區之災害，而土砂量之多寡係源自溪床上之堆積物量，其中堆積物部份來自於溪床上游山坡地崩場所形成之礫石砂料，因此危險溪流上

游之山崩也是影響土石流土砂流出量之因子。為更進一步了解危險溪流流域內大規模之山崩與地滑資料，乃採用行政院農委會主辦，由航空測量及遙感探測學會編製之台灣地區山坡地崩場地分佈圖，將雲林縣、彰化縣、台中縣、南投縣及苗栗縣土石流危險溪流上游之崩場資料彙整如表 2，由表中可知南投縣危險溪流流域內上游崩場佔四縣之冠，約為 13%，雲林縣及

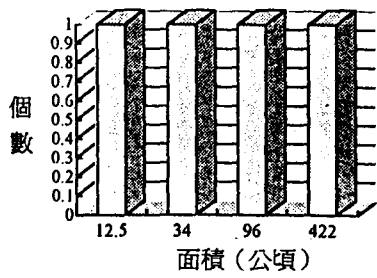


圖 8(a) 雲林縣

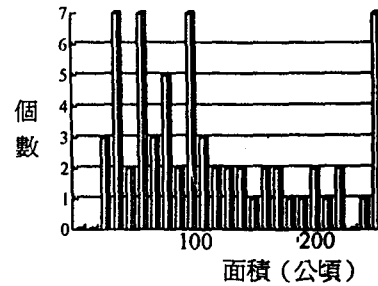


圖 8(d) 南投縣

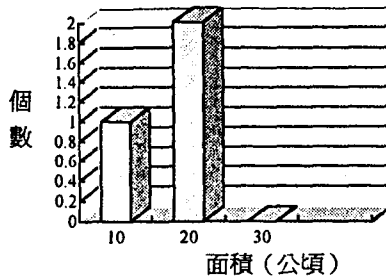


圖 8(b) 彰化縣

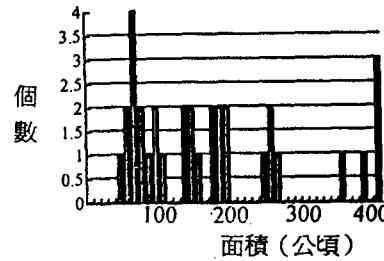


圖 8(e) 苗栗縣

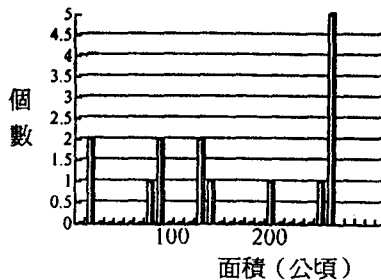


圖 8(c) 台中縣

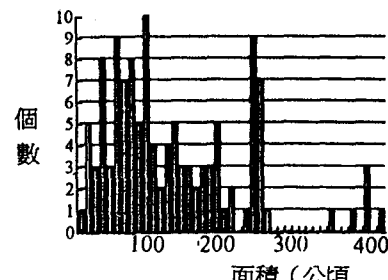


圖 8(f) 中部地區

圖 8. 中部地區土石流危險溪流集水面積分佈圖

彰化縣幾乎沒有，而台中縣佔 7 %，苗栗縣佔 6%。

四、降雨特性與土石流發生之關係

影響土石流發生之主要因子計有溪流坡度、溪流長度、溪流集水面積大小、溪床堆積物及降雨量，而降雨量更是直接造成土石流發生與否之主要誘因。

本省近幾年來較重大之土石流災害，大部份皆因颱風或暴雨所形成，為進一步了解土石流與降雨量兩者間之相關性，本文乃收集近十年來在彰化縣、台中縣、南投縣及苗栗縣曾發生過土石流之暴雨資料如表 3 及圖 10。暴雨資料來源係引用水利局各區雨量觀測站之時雨量資料，並視地形情況需要，配合徐昇氏法處理降雨量資料。表中之總雨量及最大時雨量皆係指一場

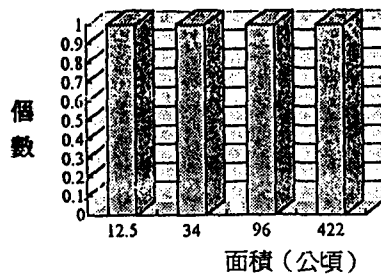


圖 9(a) 雲林縣

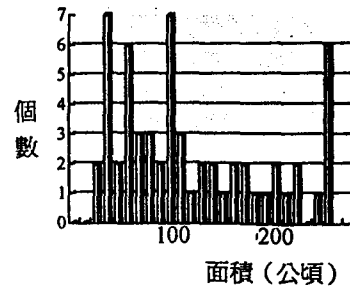


圖 9(d) 南投縣

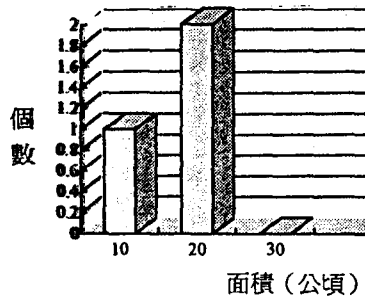


圖 9(b) 彰化縣

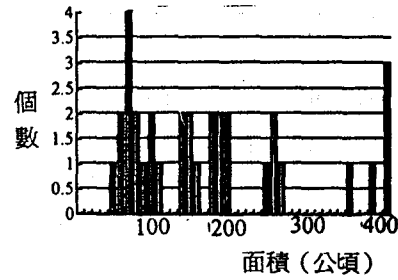


圖 9(e) 苗栗縣

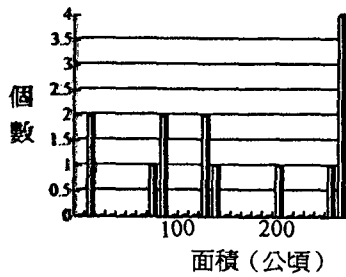


圖 9(c) 台中縣

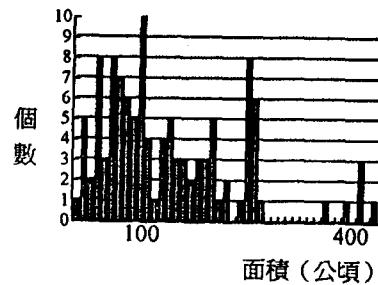


圖 9(f) 中部地區

圖 9. 中部地區土石流危險溪流坡度 15° 以上之集水面積分佈圖

暴雨而言。由表 3. 中資料可得知，本研究區域內之時雨量超過 23 mm/hr、總雨量超過 101mm 時皆有形成土石流發生之可能性。為更進一步了解雨的特性，乃分別繪成最大時雨量特性圖如圖 11，及總雨量特性圖如圖 12。圖 11 顯示本調查區域之最大時雨量皆大於 23 mm/hr，但未超過 94 mm/hr。另外圖 12 中可知本區域誘發土石流之暴雨其總雨量皆大於 101mm 小於

375mm。

若參考本省中部區域頻率年降雨強度表計算如表 4，則其 5 年頻率年之降雨強度為 72 mm/hr，而本文調查區域內誘發土石流暴雨之下限最大時雨量小於其 5 年頻率年降雨。故可得知，本區域極易因暴雨而發生土石流，非因高頻率年之暴雨而產生土石流災害。

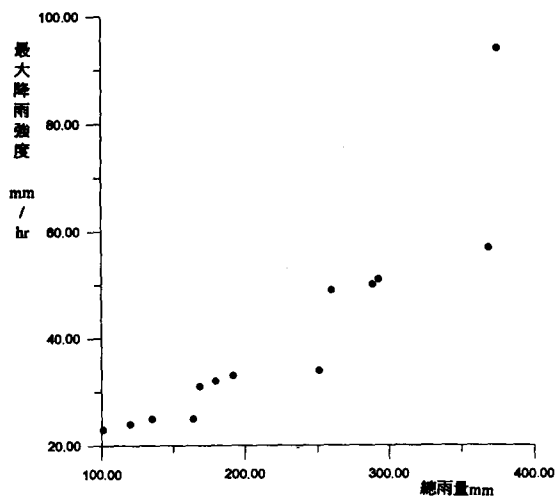


圖 10. 中部地區土石流誘發暴雨特性圖

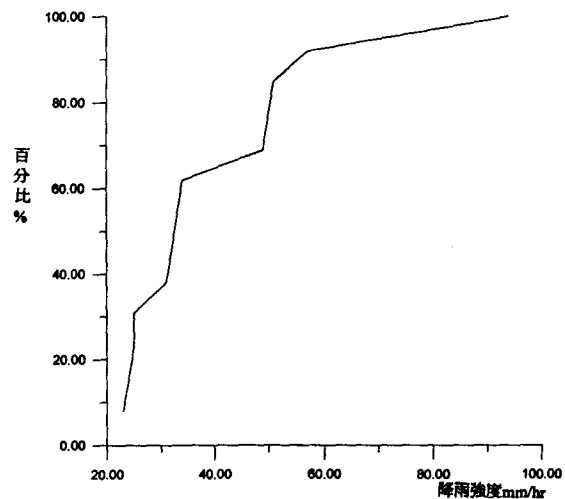


圖 11. 中部地區土石流誘發暴雨之降雨強度特性圖

表 2. 雲林縣、彰化縣、台中縣、南投縣及苗栗縣土石流危險溪流上游崩場地分佈表

	土石流危險溪流數(條)	上游崩場地(條)	百分比(%)
雲林	4	0	0
彰化	3	0	0
台中	15	1	7
南投	65	8	13
苗栗	32	2	6

※資料來源：雲林縣、彰化縣、台中縣、南投縣及苗栗縣山坡地崩場地分佈圖

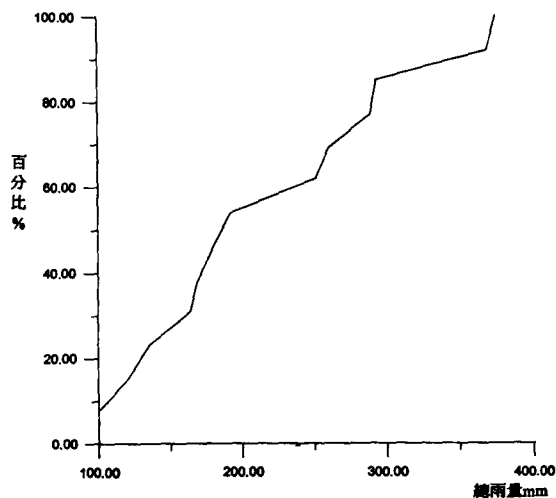


圖 12. 中部地區土石流誘發暴雨總雨量特性圖

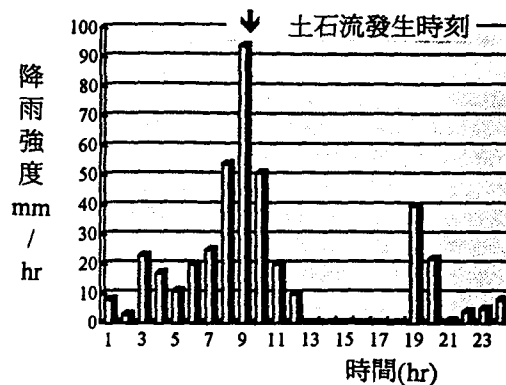


圖 13(a) 78 年 7 月 27 日彰化縣二水土流發生之降雨分佈圖

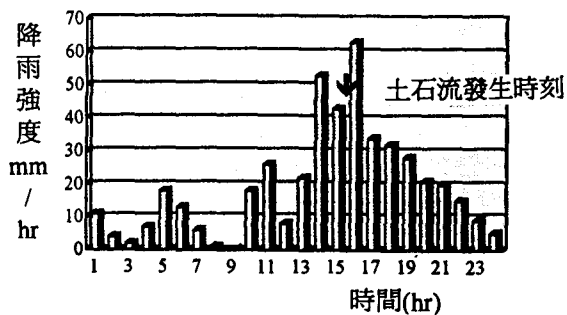


圖 13(b) 79 年 9 月 12 日南投縣二水土流發生之降雨分佈圖

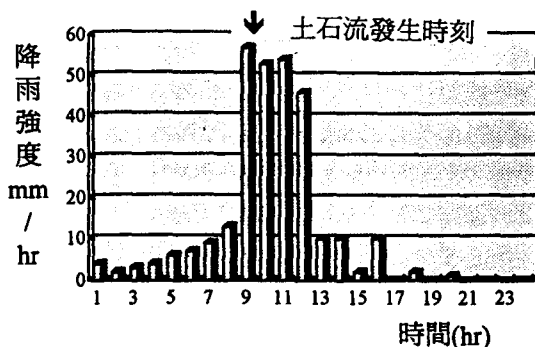


圖 13(c) 75 年 8 月 22 日南投縣土石流發生之降雨分佈圖

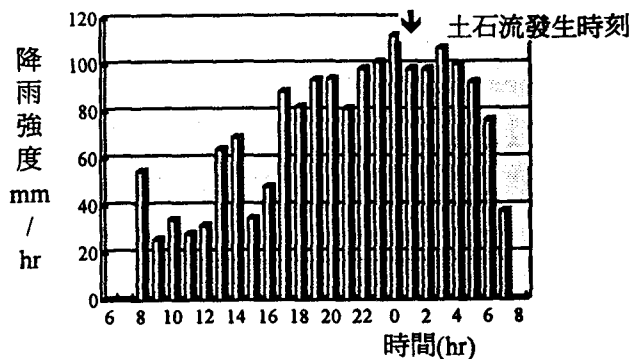


圖 13(d) 85 年 8 月 1 日南投縣水里郡坑村土石流災害

另外本文亦分別針對本調查所曾發生過土石流災

害之地點，將其土石流發生時刻與降雨時間分佈做一分析。圖 13(a)係民國 78 年 7 月 27 日在彰化縣二水，因一場暴雨所引發之土石流災害之降雨資料圖。當時最大時雨量為 94mm/hr 發生在當日 8 時至 9 時間，而根據當地之調查土石流災害發生時刻係在當 9 時左右，即尖峰降雨後不久立即發生土石流。

圖 13(b)係民國 78 年 9 月 12 日，南投縣溪頭所發生土石流災害之降雨分佈圖。第一次尖峰降雨時間為下午 1 時至 2 時，降雨強度為 53mm/hr，第二次尖峰降雨為下午 3 至 4 時，降雨強度為 63mm/hr，而據調查土石流發生時刻係在下午 2 至 3 時左右，故可能於第一次尖峰降雨後就發生土石流災害。圖 13(c)係民國 75 年 8 月 22 日在南投縣豐丘因暴雨所引發之土石流災害之降雨分佈圖，該場暴雨之尖峰降雨時間在早上 8 至 9 時，降雨強度為 57mm/hr，而土石流發生之時刻約在 9 時左右，相較得知兩者之發生時間非常接近。而 85 年 7 月 30 日賀伯颱風侵襲南投豐丘，根據阿里山雨量觀測站記錄 85 年 7 月 31 日上午 9 時至 8 月 1 日之連續 24 小時降雨量高達 1748.5 公厘，其雨量分佈如圖 13(d)，打破該區 100 年重現期距時雨量之 1121.2 公厘及 200 年重現期距降雨量之 1202 公厘，而依水里郡坑村當地民眾表示，土石流發時刻約在 8 月 1 日凌晨 2 時左右，其與尖峰雨量發生時刻相當一致。從上面幾個案例可知，土石流發生之時刻與該場暴雨之最大時雨量發生時刻相當接近。

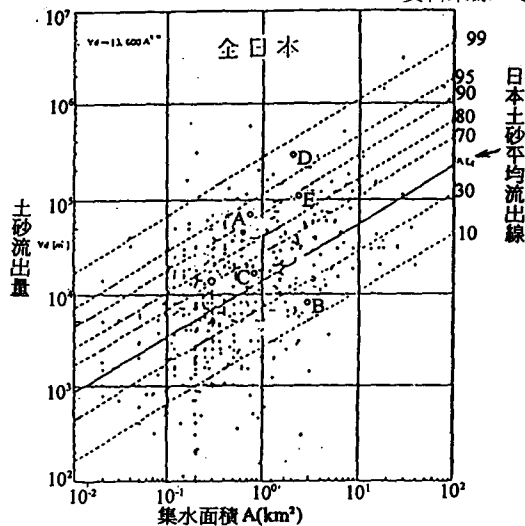
五、土石流出量與地形因子之關係

土石流災害發生時，由上游挾帶大量土砂、礫石往下游谷口處沖刷，致形成扇狀淤積而停止。然而災害所帶來的土砂量與上游崩積量、溪床堆積物、溪流坡度、溪流長度、溪流寬度及集水面積等地形因子有相當密切關係。惟本省對於土石流災害後之現場調查資料並不多，本文收集近十年來發生在彰化縣、台中縣、南投縣及苗栗縣等地區之土石流災害案例，予以整理列於表 5 中，表中之集水面積係以各谷口為基準所量得者，依據此表並且與日本之土石流出量與集水面積之關係圖做一比較如圖 14，將表 5 中發生過之土石流點繪於圖 14 得 A、B、C、D 及 E 點，在圖中發現

表 3 雲林縣、彰化縣、台中縣、南投縣及苗栗縣近十年土石流災害發生之雨量資料

地點	雨量站	時間	颱風	總雨量(mm)	最大時雨量(mm/hr)
彰化二水	集集	78年7月27日	暴雨	369	94
東勢麻竹坑	卓蘭	83年8月10日	道格	169	51
南投鹿谷	桶頭(2)	78年7月26日	暴雨	135	24
南投溪頭	桶頭(2)	78年9月12日	暴雨	375	50
南投豐丘	內茅埔	74年8月23日	尼爾森	251	33
南投豐丘	內茅埔	75年8月22日	暴雨	293	57
南投豐丘	內茅埔	86年7月19日	艾美	101	25
南投豐丘	阿里山	85年8月01日	賀伯	1749	113
南投地利	阿里山	72年6月03日	暴雨	289	49
南投地利	阿里山	82年6月02日	暴雨	180	34
南投萬豐	翠峰	83年7月01日	堤姆	164	31
南投新生	清流(1)	50年9月26日	暴雨	120	23
南投麒麟	凌霄	82年6月02日	暴雨	192	32

*資料來源：水利局雨量觀測記錄



A、D及E點之土砂流出量有較日本平均標準偏高，分別為92%、97%及90%，其中以南投豐丘(1)即D點更顯示出嚴重，推究其原因，豐丘地區大部份乃屬於變質之板岩，地質破碎，節理甚為發達故雨水易滲入其中，致岩塊易沿節理滑落，且該區地表為破碎之砂、礫等堆積物，孔隙率平均為0.39，甚至最大者達0.47，因此孔隙發達組織結構鬆散，導致該集水區上游及溪流沿岸有多處崩塌地，每逢豪雨土石即崩落，成為土砂量之來源，加上溪流河床平均坡度陡峭約為28°，容易引發土石流災害。另外本文調查區內危險溪流之土砂移動層厚度推估約在1.3~4m之間，其值與日本各地土石流危險溪流之侵蝕深度十分接近，見表6。

圖 14. 全日本土石流流出量與集水面積關係圖

*資料來源：日本建設省河川局防砂課

表 4. 中部地區頻率年降雨強度表

頻率年(t)	5年	10年	25年	50年
測站公式				
台中	$\frac{956}{(t+16)^{0.5984}}$	$\frac{892}{(t+15)^{0.5553}}$	$\frac{815}{(t+14)^{0.5028}}$	$\frac{710}{(t+11)^{0.4565}}$
降雨強度(mm/hr)	72	81	94	101

※資料來源：王如意、易任『應用水文學』

表 5. 土砂流出量與地形因子參數表

地形因子 地點	集水面積 (m ²)	溪流長度 (m)	溪流寬度 (m)	溪流坡度 (°)	土砂流出量 (m ³)	移動層厚度推估值 (m)	地質性質
A. 台中外埔	700000	625	8	26	81250	2	土、砂、礫
B. 台中東勢 麻竹坑	2300000	1300	4	18	9000	1.7	砂岩、頁岩
C. 彰化二水	86000	510	10	19	20180	1.3	土、砂、礫
D 南投豐丘(1)	1680000	2300	16	28	330000	4	板岩
E 南投豐丘(2)	2010000	2250	15	29	110000	3	
F 苗栗通宵	1000000	1750	32	15	81000	1.4	砂岩、頁岩

六、結 論

1. 雲林縣內之土石流危險溪流總計有 4 條，集中於古坑鄉，彰化縣內之土石流危險溪流總計有 3 條，大多分佈於二水，台中縣內之土石流危險溪流總計有 15 條，集中於東側之和平及南側新社、太平，南投縣內之土石流危險溪流總計有 64 條，大多分佈於東側之仁愛，中南側之埔里、水里、信義及鹿谷鄉等地，而苗栗縣內之土石流危險溪流

總計有 33 條，大多分佈於東側南庄、泰安。

2. 雲林縣、彰化縣、台中縣、南投縣及苗栗縣內土石流危險溪流平均坡度集中於 10°~25° 之間，佔總數之 82%，其中以 20°~25° 所佔比例即高達 43%。
3. 雲林縣、彰化縣、台中縣、南投縣及苗栗縣內土石流危險溪流長度大多集中於 500 公尺至 2500 公尺之間，佔總數之 81%，500 公尺以下，3500 公尺以上幾乎不存在。

表 6. 彰化縣、台中縣、南投縣及苗栗縣與日本各地土石流危險溪流之侵蝕深度比較

土石流發生處	侵蝕深度 (m)
三澤川 (西湖災害、山梨縣)	2.49
本澤 (西湖災害、山梨縣)	3.02
砥石川 (天草災害、熊本縣)	1.7
小兵川 (尾鷲災害、三重縣)	2.0
小豆島災害 (香川縣)	0.5~1.8
台中外埔	2
台中東勢麻竹坑	1.7
彰化二水	1.3
南投豐丘	3~4
苗栗通霄	1.4

- 土石流危險溪流以谷口為基準之集水面積在 10 ~ 170 公頃之間佔總數之 68% , 另以溪床坡度 15 度為基準點之集水面積在 10 ~170 公頃之間其比例為 71% , 其比例較前者略為偏高, 即以 15° 坡度為基準之集水面積比以谷口為基準之集水面積分佈較為集中, 10 公頃以下之集水面積幾乎無土石流發生。
- 雲林縣、彰化縣、台中縣、南投縣及苗栗縣之土石流危險溪流其河川級序大部份屬 1~2 級溪流。
- 雲林縣、彰化縣、台中縣、南投縣及苗栗縣之土石流危險溪流上游有大規模崩場地之比例分別佔 0%、0%、7%、13% 及 6%。
- 雲林縣、彰化縣、台中縣、南投縣及苗栗縣近十年來曾誘發土石流之暴雨, 其最大時雨量以 23 mm/hr, 此值小於中部五年頻率年之降雨值 72 mm/hr, 以 94 mm/hr 為上限, 顯然本區域極易因一般暴雨而產生土石流災害, 而並非高頻率年之降雨才造成之土石流災害。
- 從雲林縣、彰化縣、台中縣、南投縣及苗栗縣近十年來所發生土石流災害之降雨分佈圖可得知, 土石流發生時刻與該場暴雨最大時雨量發生時刻相

當接近, 因此以時雨量作為土石流發生之參考指標, 應屬可行。

- 雲林縣、彰化縣、台中縣、南投縣及苗栗縣之土石流災害中, 其單位流域面積之平均土砂流出量與日本平均標準值比較略有偏高情形。
- 雲林縣、彰化縣、台中縣、南投縣及苗栗縣之土石流災害中, 其對溪床所造成之侵蝕深度約為 1.3 m 至 4 m 之間, 與鄰國日本各地土石流危險溪流之侵蝕深度比較相接近。

七、謝 誌

本研究承蒙行政院農委會經費補助, 研究期間並承台灣省政府 水土保持局提供協助, 特此誌謝。

八、參考文獻

- 何春蓀 (1981), 『普通地質學』, 五南圖書出版公司, PP.97。

2. 何春蓀 (1994), 『台灣地質概論』, 經濟部中央地質調查所, PP.43~56。
3. 陳信雄 (1984), 『土石流災害調查方法之研究(一)』, 台灣大學森林學系, PP.1~34。
4. 王如意、易任 (1982), 『應用水文學(上)』, 國立台灣編譯館, PP.99~101。
5. 游繁結、陳重光 (1987), 『豐丘土石流災害探討』, 中華水土保持學報, 第十八卷, 第一期, pp.76~92。
6. 游繁結、陳重光 (1988), 『十八重溪土石流災害之探討』, 農林學報, 第三十七卷, 第一期, pp.1~18。
7. 江永哲、林啓源 (1991), 『土石流之發生雨量特性分析』, 中華水土保持學報, 第二十二卷, 第二期, pp.21~23。
8. 謝正倫 (1991), 『土石流預警系統之研究(一)』, 國立成功大學台南水工試驗所報告, 第130號。
9. 謝正倫 (1993), 『土石流預警系統之研究(二)』, 國立成功大學台南水工試驗所報告, 第139號。
10. 高橋保(1977), 『土石流の發生與流動と關於研究』, 京大防災研究年報 20 號 B-2, pp405~435。
11. 謝正倫、陳禮仁 (1993), 『潛在溪流之危險度評估方法』, 中華水土保持學報, 第二十四卷, 第一期, pp.13~19。
12. 謝正倫、許睿心 (1993), 『沖淤模式開發與應用』, 國立成功大學水利及海洋工程研究所碩士論文, pp.8~21。
13. 陳禮仁 (1996), 『台灣崩塌災害防治對策研究』, 國立台灣大學森林學研究所博士論文, P.P47~61。
14. 華昭雄 (1996), 『賀伯颱風豪雨與公路工程規劃設計施工之檢討』, 台灣公路學報, 第二十三卷, 第四期, pp.29~38。
15. 日本建設省河川局砂防課 (1989), 『土石流危險溪流および土石流危險區域調查要領』。
16. 行政院農業發展委員會經費補助, 航空測量及遙桿探測學會編製(1996)『雲林縣坡地崩場地分佈圖』。
17. 行政院農業發展委員會經費補助, 航空測量及遙桿探測學會編製(1996), 『彰化縣山坡地崩場地分佈圖』。
18. 行政院農業發展委員會經費補助, 航空測量及遙桿探測學會編製(1996), 『臺中縣山坡地崩場地分佈圖』。
19. 行政院農業發展委員會經費補助, 航空測量及遙桿探測學會編製(1996), 『南投縣山坡地崩場地分佈圖』。
20. 行政院農業發展委員會經費補助, 航空測量及遙桿探測學會編製(1996), 『苗栗縣山坡地崩場地分佈圖』。

收稿日期：民國 86 年 08 月 15 日

接受日期：民國 86 年 08 月 28 日