

文章编号: 1008-2786-(2008)1-84-06

台湾屏东县狮子乡坡地灾害潜势分析

李锦育, 陈怡如

(屏东科技大学水土保持系, 台湾 屏东 91247)

摘要: 以屏东县狮子乡为例, 利用 GIS 探讨近年来致灾降雨事件之特性及空间分布趋势, 并配合崩塌潜势与土石流(即泥石流, 编者注)潜势溪流范围。首先将筛选出之地文因子, 以曼-惠特尼进行崩塌相关性验证, 具相关性之因子再以不安定(即不稳定)指数法计算出权重, 并求得影响崩塌之主要因子; 对于土石流潜势溪流之危险度并不予以评估, 仅说明其集水区之地文特性; 然后绘制崩塌潜势图, 最后配合致灾降雨事件之日最大降雨量频率分析、特性与主要降雨空间分布进行灾害潜势分析, 提供疏散避难发布决策之先后顺序。期望藉由分析坡地灾害潜势, 能够达防灾、减灾之功效。

关键词: 坡地灾害; 降雨事件; 崩塌潜势

中图分类号: P931.94 X4

文献标识码: A

台湾因造山运动活跃致使岩层破碎脆弱, 加上地形高峻陡峭、高温多雨的气候型态, 遭受风化侵蚀造成岩体崩解破碎, 故断层、褶皱多, 节理发育。由于人类活动与建设逐渐往山坡地扩展, 不当且过度的开发行为, 增加坡地灾害发生的机会, 当台风豪雨来袭时, 容易发生坡地灾害。

坡地灾害一般指坡地上的土体、土石混合体或土石加水的混合体发生向下移动而造成的灾害, 如山崩、地滑、冲蚀、潜移及土石流等, 为自然界平衡的过程; 因此灾害发生与当地之地文因子、水文因子及人为的开发建设关系甚为密切。狮子乡位于台湾屏东县南端, 沿线有南横公路, 为联系台湾南部与东部之交通要道, 其穿越中央山脉破碎且复杂的地质带, 加上严峻陡峭的地势, 每逢台风豪雨, 边坡崩塌落石使得交通阻断, 溪水冲刷沿岸, 造成路基下陷, 严重威胁往来的车辆行人及当地居民的生命财产安全。

1 区域概况

地理概述

狮子乡位于屏东县南端, 西界枋山乡临海, 东隔

台湾山脉与台东县达仁乡毗连, 北邻春日乡, 南接牡丹乡及车城乡, 总面积约 $3\,255\text{ km}^2$, 图 1 为狮子乡之行政分区。地质大部分为中新世之庐山层, 庐山层大部分由黑色到深灰色的硬页岩、板岩及千枚岩和深灰色的硬砂岩互层组成, 含有零星散布的泥灰岩团块。狮子乡属热带气候, 平均气温约为 25°C , 降雨集中于 6~9 月, 占全年降雨量 70%, 夏季雨量以雷雨与台风雨为主, 10 月至次年 5 月为干季, 年平均降雨量约 $2\,900\text{ mm}$ 。境内为多条溪流的发源地, 主要溪流为枋山溪与枫港溪, 是狮子乡及枋山乡主要饮水灌溉水源。枋山溪发源于狮子乡马罗寺, 属于单一河流, 并无其他支流, 流域面积 125.48 km^2 , 干流长度 25.67 km 。枫港溪则发源于太和山, 主要的支流有新路溪, 流域面积 102.51 km^2 , 干流长度 $20.32\text{ km}^{[1]}$ 。

坡地灾害范围

根据水土保持局公布之土石流潜势溪流数, 狮子乡内共计 16 条, 为屏东县潜势溪流最多之乡镇, 2006 年最新公布土石流警戒值, 狮子乡已调整至 $500\text{ mm}^{[2]}$, 其 5 个参考雨量站与本文参考之水利署寿卡测站 (01R00)^[3], 分布如图 2。

收稿日期 (Received date): 2006-09-11; 改回日期 (Accepted): 2007-12-11。

作者简介 (Biography): 李锦育, (1959—), 男 (汉), 台湾宜兰人, 博士, 主要研究方向: 集水区经营、防砂工程和水文分析。美国科罗拉多州立大学访问学者, 屏东科技大学水土保持系教授。 [Lee Chin-yu (1959—), male doctor professor mainly engaged in the research of watershed management, soil erosion control engineering and hydrologic analysis]

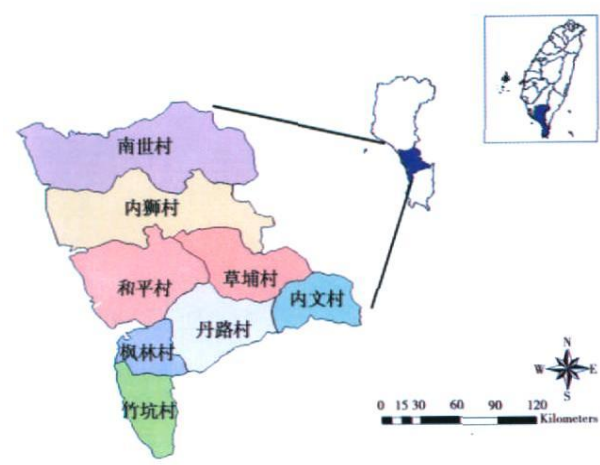


图 1 屏东县狮子乡行政区域

Fig. 1 Administrative area of Shizi County, PingTong



图 2 雨量站分布位置

Fig. 2 Location of rainfall stations

调查结果显示, 共有 63 处土石流潜势溪流, 其中有灾害历史纪录者 (2005—06—12 豪雨之前) 共有 25 处, 而无灾害历史者则有 38 处。其中有灾害历史者, 大部分集中于 2001 年桃芝台风所造成的灾情, 共有 8 处发生土石流, 分别发生于狮子乡及车城乡^[2], 还有 3 处每逢豪大雨就有土石流出, 造成当地居民的恐慌。除此之外, 都是零星发生土石流, 并无特定较明显的发生时间。在灾情状况统计方面,

以大水伴随土石淤积为本地区主要之灾情状况, 其次为排水不良所造成之灾害及陡急边坡之灾害。而每次大雨随即造成灾害者亦不在少数。目前已有灾情之土石流潜势溪流, 已施做整治工程者并不多, 大部分仅在紧邻保护住户附近施作护岸工程, 对于抑制或抑止土石流的发生, 并不能直接发生作用。

致灾降雨事件

1. 3. 1 0612 豪雨

2005—06—10 在长江流域附近有一梅雨锋面形成, 并逐渐往台湾地区移动, 2005—06—12~15 间, 梅雨锋面滞流同时, 锋面前缘西南气流相当旺盛, 加上南海地区对流不断, 因此带来丰沛的水气, 尤以台湾西南部地区首当其冲, 海上雷雨胞不断移入陆地, 此波对流延续 4 d 6 月 16 日雨势才渐缓, 造成屏东、高雄、台南、嘉义及云林等县市沿海及低洼地区多处淹水, 屏东山区并有超大豪雨发生, 南横公路多处传出路基下陷与道路边坡崩塌阻断交通等灾情, 此次的降雨时间比以往还长, 降雨范围也更集中, 以至于南部地区造成严重的灾情, 其中又以屏东地区最为严重^[4]。

1. 3. 2 海棠台风

海棠台风形成于北太平洋西部, 为一强烈台风, 2005—07—18 15:00 于宜兰苏澳的东澳湾登陆, 22 时由苗栗后龙出海, 南部从当日中午以后降下豪雨, 且其南边的云带不断自台湾海峡以南移进台湾中南部上空, 其引进之西南气流造成连日不断的大雨, 降雨状况持续至 21 日以后才逐渐缓和, 屏东县山区超高雨量引发土石流灾情, 包括雾台乡好茶村及狮子乡草埔村等^[1]。

2 材料与方法

本研究选择屏东县狮子乡为范例, 选用近 5 a 发生之重大坡地灾害之降雨事件 (2005—06—12 豪雨与海棠台风), 配合地文因子进行坡地灾害潜势分析, 并与目前水土保持局公布之土石流潜势溪流范围相互比对, 提供发布疏散避难之先后顺序决策。

降雨事件分割

降雨为崩塌发生之诱因, 较常探讨之降雨特性包括: 雨型、降雨强度、降雨量与降雨延时。台湾地区土石流发生之降雨延时全部在 12 h 以上^[6], 且其发生的时间多在整场暴雨的后半期, 而土石流是否发生除考虑发生雨量外, 仍应同时考虑降雨强度及

先行雨量的大小。而研究花东地区土石流降雨特性指出: 时雨量大于 27 mm/h 且累积量超过 360 mm 则会发生土石流^[7]。亦有学者指出, 国内外土石流发生与降雨参数之探讨多选择降雨强度、累积降雨量、降雨延时以及前期降雨量^[8]。将降雨量利用对数皮尔逊第三类分布法进行频率分析, 结果发现, “七二水灾”主要制灾原因为超大累积雨量^[9]。

探讨降雨特性首先须进行降雨事件之分割, 降雨事件分割的方式, 因不同降雨型态有所差异, 在此沿用前人^[10]考虑降雨延续性、发生时期、降雨延时与降雨总量, 以允许中断 2 h 来分割降雨事件, 为配合防灾应变, 并参考中央气象局大雨之定义, 24 h 累积降雨量达 50 mm, 且其中至少有 1 h 达 15 mm 以上之降雨现象, 视为单场降雨。

崩塌潜势分析

坡地灾害发生的因素繁多, 且很少由单一因素造成, 一般可归纳为潜因与诱因^[11], 诱因部分如上节所提之降雨因素外, 还包含地下水、地震与开挖工程等, 而潜因则为地质因子与地形因子。本研究考虑资料取得难易度与相关文献中较常被采用之地文因子, 利用 DTM 中央地调所之地质图料、水土保持局公布之 2006 年新版崩塌地图资, 配合 GIS 软件针对坡度、坡向、地质、高程与距水系远近等因子进行分析。

为有利各因子分析, 必须先将其进行分级, 而地文因子之量化首先计算各促崩因子, 其过程如下:

1. 求得不同影响因子之崩塌频度 (f_i)

$$F_{xi} = \frac{N_{xi}}{N}$$

式中 N : 崩塌总数; N_{xi} : 各类因子之崩塌数。

2. 计算不同影响因子面积崩塌率 (F_{xi})

$$F_{xi} = \frac{1}{A_i} * f_i$$

式中 A_i : 不同影响因子之分布面积。

3. 计算各类因子面积崩塌机率之百分比 (S_i)

$$S_i = \frac{F_{xi}}{\sum F_{xi}} * 100 (\%)$$

式中 S_i : 各类因子崩塌机率之百分比。

4. 计算不同影响因子之潜在灾害指标 (Hazard Index HI)

求出各影响因子分级崩坏比后, 再依下式进行常态化处理, 将各分级之崩坏比对应至 1~10 间, 即可求得各因子分级评分值

$$H_{ki} = \frac{9(S_i - S_{min})}{(S_{max} - S_{min})} + 1$$

式中 H_{ki} : 各类因子评分值; S_{max} : 各类因子之最大崩塌机率百分比; S_{min} : 各类因子之最小崩塌机率百分比; S_i : 各类因子之崩塌机率百分比。

5. 权重计算

权重值是用以描述所有因子组合后, 各因子指数值之影响程度, 权重之计算可分为下列两个步骤:

a. 各因子权重比较值

利用影响因子分级所得的崩坏比的变异系数 (V_i) 来代表因子分级发生崩塌机率的灵敏度, 当变异系数较小时, 各分级发生崩塌机率相近, 表示此因子之分级方式无法将崩塌机率高或低的区域决定出来; 相反的, 若是变异系数较大时, 则可以利用此因子的分级方式订出因子分级对山崩所造成的影响, 故可以利用影响因子变异系数的计算来作为各因子权重的比较值

$$V(\%) = \frac{\sigma}{\bar{X}} * 100$$

式中 V : 变异系数; σ : 标准偏差; \bar{X} : 平均值。

b. 权重值的计算

利用各因子所计算出的变异系数, 除以全部变异系数值之总和, 即可得该因子之权重值, 计算如下

$$W_j = \frac{V_j}{V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n}$$

式中 W_j : 第 j 个因子之权重值; V_j : 第 j 个因子之变异系数。

6. 不安定指数法计算

将各项指标配合不安定指数法计算, 以求取集水区之潜在崩塌状况, 不安定指数法是基于计量方式, 评估该坡地安定程度, 其定义如下

$$D = D_1^{W_1} * D_2^{W_2} * D_3^{W_3} * \dots * D_n^{W_n}$$

式中 D : 为不安定指数值; D_1, D_2, \dots, D_n : 各山崩影响因子之分级评分值; W_1, W_2, \dots, W_n : 各山崩影响因子之权重值。

3 结果与讨论

降雨特性

根据中央气象局对降雨的定义, 大雨为 24 h 累积雨量达 50 mm 以上, 且其中至少有 1 h 雨量达 15 mm 以上之降雨现象; 豪雨为 24 h 累积雨量达 130 mm 以上; 大豪雨为 24 h 累积雨量达 200 mm 以上; 超大豪雨为 24 h 累积雨量达 350 mm 以上。分析结

果得知, 0612豪雨及海棠台风各测站总累积降雨几乎皆达到豪雨标准, 降雨延时超过 24 h(表 1、表 2)

表 1 06—12豪雨降雨特性

Table 1 Rainfall characteristics of 12 th July 2005

测站名称	测站代号	时间	最大降雨强度 (mm/h)	累积降雨量 (mm)	降雨延时 (h)
寿卡	01R00	6/12 ~ 6/14	19	286	50
		6/14 ~ 6/16	30	154	40
牡丹	C0R34	6/11 ~ 6/13	28	299	59
		6/14 ~ 6/16	11.5	108	40
枫港	C0R40	6/11	34.5	81.5	12
		6/12 ~ 6/13	11.5	149.5	42
石门山	C1R29	6/11 ~ 6/14	33	230	67
		6/14 ~ 6/16	9	72	38
寿卡	C1R31	6/11 ~ 6/14	12	206	60
枋山	C1R33	6/11 ~ 6/13	24	210.5	48
		6/14 ~ 6/16	29.5	207	50

表 2 海棠台风降雨特性

Table 2 Rainfall characteristics of Heiban typhoon

测站名称	测站代号	时间	最大降雨强度 (mm/h)	累积降雨量 (mm)	降雨延时 (h)
寿卡	01R00	7/18 ~ 7/20	109	1 839	62
		7/21	24	107	12
牡丹	C0R34	7/18 ~ 7/19	50	489.5	29
枫港	C0R40	7/18 ~ 7/19	114	434	30
石门山	C1R29	7/18 ~ 7/19	37	148	29
寿卡	C1R31	7/18 ~ 7/19	38.5	216	27
枋山	C1R33	7/18 ~ 7/19	80.5	331.5	30

而比较两场降雨特性(图 3~5), 海棠台风期间之延时较短、强度较大、累积雨量较多, 在枋山测站(C1R33)、寿卡测站(01R00)与枫港测站(C0R40)之降雨强度重现期距分别超过 10 a、25 a 与 100 a 集中暴雨的情形下, 2005—07—20于狮子乡草埔村发生土石流灾害, 亦由设置于草埔村内之寿卡测站(01R00)降雨特性可得知(表 3), 其致灾原因为超大累积降雨量。

水土保持局与交通部公路总局公布之灾害发生时间, 0612豪雨灾害主要发生于 2005—06—12 及 06—13 海棠台风期间则为 2005—07—18 ~ 20

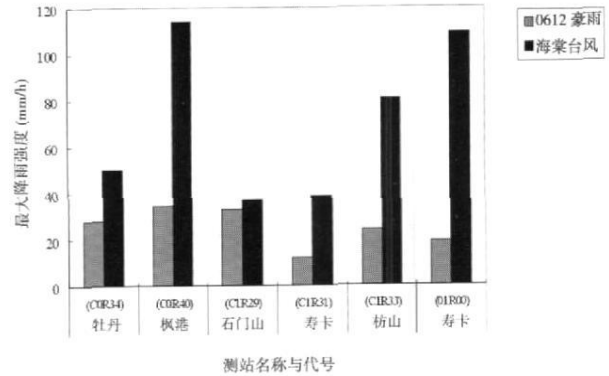


图 3 最大降雨强度比较

Fig. 3 Comparisons of maximum rainfall

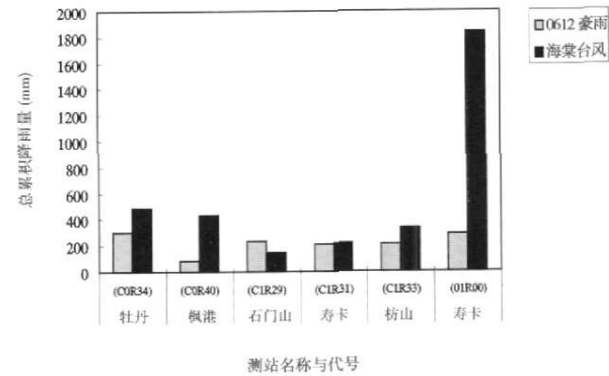


图 4 总累积降雨量比较

Fig. 4 Comparisons of total accumulative rainfall

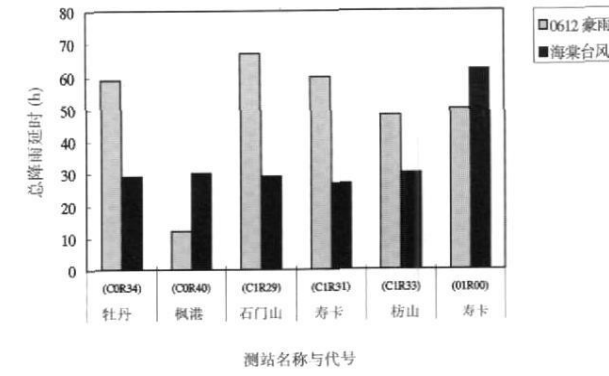


图 5 总降雨延时比较

Fig. 5 Comparisons of total rainfall duration

降雨随空间变化之情形, 6月 12日降雨分布概况为南世村与竹坑村, 6月 13日则渐往南影响丹路村、内文村与草埔村, 而海棠台风期间降雨主要集中在草埔村与内文村一带, 逐渐往西北影响至竹坑村与南世村, 显示降雨分布之空间变化情形与锋面移动方向及台风行进路径息息相关。

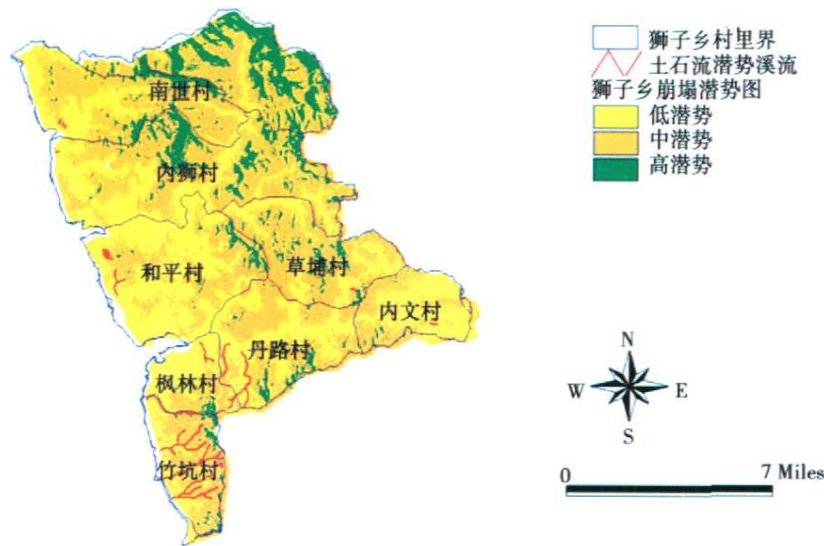


图 6 屏东县狮子乡崩塌潜势图

Figure 6 Landslide Potential map of Shizi county Pingtung Hsiang

表 3 各重现期距之降雨强度

Table 3 Rainfall intensity in different return periods

重现 期距	寿卡 01R00	牡丹 03R34	枫港 03R40	石门山 C1R29	寿卡 C1R31	枋山 C1R33
5 ^a	83	79	73	73	79	73
10 ^a	93	88	82	82	88	81
25 ^a	99	95	89	89	94	88
50 ^a	116	110	103	103	110	102
100 ^a	126	120	112	112	119	111
200 ^a	136	129	121	121	129	119

崩塌潜势分析

地文因子量化之结果显示,狮子乡主要发生崩塌之坡度于 45°以上,多发生于东南方之坡向,而境内之石英斑岩崩塌机率最高,高程与崩塌发生则无显着影响,崩塌地主要分布在距离水系 400 m以内,其崩塌机率为 67.9%。

将各因子之分级评分值与权重值相乘后,可得各网格之不安定指数值,而其计算公式如下

$$D = D_{Slo}^{0.207} \times D_{Asp}^{0.235} \times D_{Geo}^{0.137} \times D_{Ele}^{0.171} \times D_{Rev}^{0.214}$$

由变异系数得知,影响狮子乡崩塌主要因子为坡向,次要因素为距水系远近,坡向因子之原因可能与板块运动方向有关,受挤压造成东南向地质破碎脆弱。求得各网格之不安定指数值后,由计算之结果对各不安定指数值一累积崩塌机率进行绘图,于各累积曲线图之斜率明显变化点,予以进行危险等级之划分,绘制之崩塌潜势图如图 6 所示,高潜势区

主要于南世村、内狮村、草埔村、丹路村、枫林村与竹坑村,然而土石流潜势溪流几乎分布于中低潜势区。

土石流潜势溪流之划定乃基于降低灾害发生时造成人民生命财产安全之危害,由于人类活动及开发的关系,因此大部分高潜势区内无土石流潜势溪流。综合降雨空间分布、崩塌潜势范围与土石流潜势溪流,以防灾观点为考虑,南世村、竹坑村、内文村与草埔村为疏散避难考虑之优先顺序。

4 结语

了解坡地灾害潜势区的分布与事前的准备及预警,才不会导致救灾延误,并能够让有限的救灾资源及人力发挥到最大效益,除了有关单位建立更完善的防救灾制度外,也应加强民众对于坡地灾害的认知,而民众对于既有的开发规定应确实遵守,并且提高配合度,如此当灾害来临时才能真正确保生命财产安全,本文就致灾降雨特性及其降雨空间分布,配合水土保持局公布之土石流潜势溪流与崩塌地潜势进行探讨,提供疏散避难优先级之依据,以供决策时之参考。

参考文献 (References)

[1] 维基百科网页, <http://zh.wikipedia.org/wiki/>
[2] 水土保持局网页, <http://www.swcb.gov.tw/>
[3] 经济部水利署网页, <http://www.wra.gov.tw/>
[4] 0612豪雨水灾事件之灾因勘察分析报告 [R]. 2005 1~5.
[5] 中央气象局网页, <http://www.cwb.gov.tw/>

- [6] Chiang Yungchih, Lin ChiYuan. An analysis of rainfall characteristics for debris flow events in Taiwan [J]. Journal of Chinese Soil and Water Conservation, 1991, 22(2): 21 ~ 35 [江永哲, 林启源. 台湾土石流之发生与雨量特性分析 [J]. 中华水土保持学报, 1991, 22(2): 21 ~ 35]
- [7] Shieh ChengJup, Jiang Jhhaw, Chen Lijen. Field investigation of debris flow in Hualien and Taitung Counties [J]. Journal of Chinese Soil and Water Conservation, 1991, 23(2): 109 ~ 122 [谢正伦, 江志浩, 陈礼仁. 花东两县土石流现场调查与分析 [J]. 中华水土保持学报, 1995, 23(2): 109 ~ 122]
- [8] Chen Tienchiap, Jan Chyandeng. An analysis of rainfall and landslide characteristics for 2nd July flood [A]. In: Proceedings of Slope Disaster Prevention and Developing Results [C]. 2004, 109 ~ 118 [陈天健, 詹钱登. 七二水灾降雨量与坡地崩塌特性分析 [A]. 见: 坡地防灾创新研发成果研讨会论文集 [C]. 2004, 109 ~ 118]
- [9] Yang Kaijun, Huang Hungping, Lai Shaoven. Hydrologic analysis of 2nd July flood [A]. In: Proceedings of Slope Disaster Prevention and Developing Results [C]. 2004, 75 ~ 84 [杨凯钧, 黄宏斌, 赖绍文. 七二水水文分析 [A]. 见: 坡地防灾创新研发成果研讨会论文集 [C]. 2004, 75 ~ 84]
- [10] Chang Shouyoung. A study on rainfall event segregation [J]. Journal of Agricultural Engineering, 1995, 41(3): 47 ~ 60 [张守阳. 降雨事件分割之研究 [J]. 中国农业工程学报, 1995, 41(3): 47 ~ 60]
- [11] Lin chaoYuan, Tsai jenJep, Lin chianung. Watershed landslide location analysis and preventive counter plan [A]. In: Proceedings of Slope Disaster Prevention and Developing Results [C]. 2004, 119 ~ 127 [林昭远, 蔡真珍, 林家荣. 集水区崩塌区位分析与防治对策 [A]. 见: 坡地防灾创新研发成果研讨会论文集 [C]. 2004, 119 ~ 120]

Analysis of Slope Disaster in Shihzih Township Pingtung County

LEE ChinYu, CHEN Iju

(Department of Soil and Water Conservation, National Pingtung University of Science and Technology, Pingtung 91247, Taiwan, China)

Abstract: The disaster of the slope has already become the environmental problem that can't be ignored. The establishment of the disaster prevention system has good result to reduce the injured of human beings, we'll taking Shizi county Pingtung Hsiang as a case study. In recent years, the trend of rainfall disastrous by events characteristics and its spatial distribution, and in accordance with the landslide potentiality and the scope of potential river of debris flow. The use of Geographic Information System (GIS), the slope of disasters in the incident. First place will be selected text factor to the Cayman Whiney collapses related to verification, the relevance of a factor to further instability index calculated weight, and seek collapse of the main factors affecting potential for landslides. The risk of streams not be assessed only as its catchment area in the text of the potential risk map of landslide, with the final event of a hazard, the maximum one-day rainfall by the frequency analysis, features and spatial distribution of rainfall for disaster Potential analysis, the provision of asylum evacuation order issued decision making. With this expectation, slope of potential disasters can be reached on disaster prevention, mitigation of the effects. It'll providing for the decision making as the reference of disperse and refuge in the future.

Key words: slope disaster, rainfall event, landslide potential