

# 台湾崩塌地的分类与防治工法

李锦育

(屏東科技大学水土保持系, 台湾 屏東 91201)

**摘 要:** 台湾本岛南北轴长约 385 km, 东西最宽处约 143 km, 中央山脉纵贯本岛南北长约 350 km, 其中至少有 25 个以上的主峰海拔高度超过 3 000 m, 台湾山地面积约占总面积 70%, 不但地质环境复杂, 地势陡峻, 土壤浅薄、河流短急, 降雨多、强度大且集中, 山坡地崩塌常随着台风、豪雨及地震、或伴随着人为的破坏而引起, 屡屡造成重大灾害。崩塌常发生于特定地质或地质结构上, 尤以坡地或台地的缓坡面为最多, 其移动缓慢而有持续性及周期(反复)性。本研究针对台湾坡地崩塌的特性试作型态上的分类, 并寻求其有效且可行之防治工法, 盼能降低灾害所造成之损失, 并确保该区域人民之生命及财产之安全。

**关键词:** 崩塌; 分类; 防治工法

中图分类号: P642 21; P642 22; P642 23

文献标识码: A

台湾坡地之开发利用基于实质上需要与有限可利用平原面积之限制下, 已有必须作适度开发之趋势, 因此经由边坡不稳而造成灾害之现象, 亦日益严重。在 1999-09-21, 南投县集集地区发生规模达 7.3 级的大地震, 造成国有林班地崩塌, 计 362 处, 面积达 11 807 hm<sup>2</sup>, 行政院农业委员会林务局重视灾区崩塌地复旧造林工作, 除结合造林、治山工程、生态及地景保育理念, 进行宏观规划, 施行各种人工造林工作外, 为加速崩塌地之植生绿化, 针对灾区人力无法到达之较大面积崩塌地并施行直升机飞播造林作业, 已进行两次飞播试验, 并持续监测记录, 近期内扩大于国有林崩塌地区继续办理, 以期早日恢复植生, 稳定土石<sup>[1]</sup>。

## 1 台湾的地质特征

据何春荪教授指出<sup>[2]</sup>, 台湾是一个具有地质和岛弧双重地质背景的岛屿, 在构造上属于一个活动带, 也就是造山运动最活耀的地区, 主要地层都是长而狭的带状分布, 大致和台湾岛的常轴平行, 台湾之地质大致区分如下:

1. 中央山脉地质区 中央山脉的西翼和脊梁山岭, 包括雪山和玉山两高山岭, 以及中央山脉的东翼。
2. 海岸山脉地质区 新第三纪火山质及浊流式碎屑岩覆盖的火山弧。
3. 西部山麓地质区 以新第三纪碎屑岩为主。

## 2 崩塌灾害原因

### 2.1 崩塌灾害导因

边坡发生崩塌并非偶然是有其导因(表 1), 存在不当的土地利用及缺乏完善的水土保持措施, 对于集水区、水源、水质、环境生态、社会经济, 都有负面影响, 其发生灾害导因略述如下:

1. 土壤剪应力增大, 影响土壤剪应力增大之因素有:

- A. 荷重增加;
- B. 坡趾支承力降低;
- C. 土壤重量提高;
- D. 地震及爆破所引起之震动作用;
- E. 张力裂缝产生;
- F. 裂缝内部孔隙不压力之作用增大等。

2. 土壤抗剪强度减小, 影响土壤抗剪强度减少的因素为:

- A. 土壤吸水膨胀;
- B. 孔隙水压力增大;
- C. 填土压实不完全;
- D. 土壤反复胀缩引起土壤裂缝;
- E. 灵敏性土壤之变形与持续性破坏;
- F. 土壤内部本身所含胶结材料退化;
- G. 冻结土壤之融解等。

收稿日期: 2001-03-06。

作者简介: 李锦育(1959-), 男(汉族), 台湾省宜兰人, 博士。主要研究方向: 集水区经营、防砂工程水文分析。美国科罗拉多州立大学访问学者。现任屏東科技大学水土保持系教授。

表 1 崩塌地之分类与特性<sup>[5]</sup>

Table 1 Classification and characteristics of landslide

特 性	山 崩	地 滑	土 石 流
定 义	由风化侵蚀作用我造成的岩层、岩块或松垮的岩层, 沿着山坡或山崖向下称动或崩塌即所谓“山崩”。	指山坡或岩屑层的一部分呈块状滑落, 滑动体未受太大之破坏。	泥、砂、砾及巨石等物质雨水之混合物受重力后所产生支流动体
地 质	地质关联性少	特定地质区常发生	砂、砾、石块
土 质	砂质土中多易发生	主要为粘土性土之滑动面	崩积土饱和土
地 形	> 20°之陡坡地较易发生	5°~20°之坡面易发生, 特别是上部为台地状地形者较多	溪谷在15°~30°间之坡度易发生
活动状况	突发性	继续再发性	间歇性流动性
移动速度	10 mm/d以上, 激活速度大	一般而言, 多为0.01 mm/d~10 mm/d	沿溪谷流动, 称动速度约2 m/s~20 m/s
诱 因	降雨强度影响	地下水影响大	集中暴雨
规 模	规模较小(< 1 hm <sup>2</sup> )	1 hm <sup>2</sup> ~100 hm <sup>2</sup> 规模较大	规模大
征 候	少有征兆, 多属突发性滑落崩落	发生前有征状现象, 龟裂、陷没隆起, 地下水变动等现象	集水区上游有崩塌发生
代表地区	中央山脉东部青灰岩地区	红土台地、西部山麓、青灰岩地区	红土台地砾石型土石流, 海岸山脉泥流
分 类	落石、岩石滑动、岩屑滑落、岩层崩塌	平面型滑动、弧形滑动、楔型滑动、翻转型滑动	土石流、泥流

## 2.2 崩塌灾害原因分类

台湾的自然环境特殊, 水土保持问题远较世界其它地区严重, 但因地质构造复杂, 地势陡峭, 土壤浅薄, 河流短急, 降雨强度大且集中, 土让冲蚀急, 崩塌常随台风豪雨而起, 也因而造成灾害, 其原因仅就自然冲蚀及人为破坏两方面探讨如下<sup>[3]</sup>:

### 1. 自然冲蚀

台湾因受水文地质及地形的影响, 地表冲与崩塌问题相当严重, 自然冲蚀率大约是 $45 \text{ kg hm}^{-2} \text{ a}^{-1}$ ~ $450 \text{ kg hm}^{-2} \text{ a}^{-1}$ 间, 一般土壤容许流失量不超过 $10 \text{ t hm}^{-2} \text{ a}^{-1}$ <sup>[4]</sup>。故当土壤受到豪雨侵袭风力作用或人为活动等因子作用下, 则会加速破坏和流失, 甚而造成砂灾害。

### 2. 人为破坏

台湾地区由于经济的快速成长及人口膨胀压力, 导致山坡地非农业使用的开发行为日益增加, 如道路开辟, 坡地社区建筑, 高尔夫球场, 游乐设施, 辟建土石采取, 开挖整地等。自然型态遭受破坏, 土砂或洪泛灾害随之而来。

## 3 边坡破坏之型态与分类

一般而言边坡破坏之型态不外乎为楔型破坏(Wedge Failure)、圆弧型破坏(Circular Failure)、平面型破坏(Plane Failure)及不规则型破坏(Irregular Shape Failure)等四种。但不论何种型态之破坏, 其

破坏运动之方向常沿着某特定之剪力面或不连续面而发生位移(见图1)<sup>[4]</sup>。

## 4 治理对策

地震崩塌发生后最主要的对策方针, 是在防范二次灾害的发生, 而引发二次土砂灾害的自然诱因, 除了地震外, 最主要的还是降雨, 治理工法如表所示; 但是截至目前为此, 崩塌治理工程仍无法百分之百的防治灾害, 若能配合其它环境地质资料, 则可使二次灾害的损失降到最低限度。而一般常用之治理方法可概分为抑制工法与抑止工法及临时防护措施<sup>[6,7]</sup>(表2)。

### 4.1 抑制工法

#### 1. 护坡工程

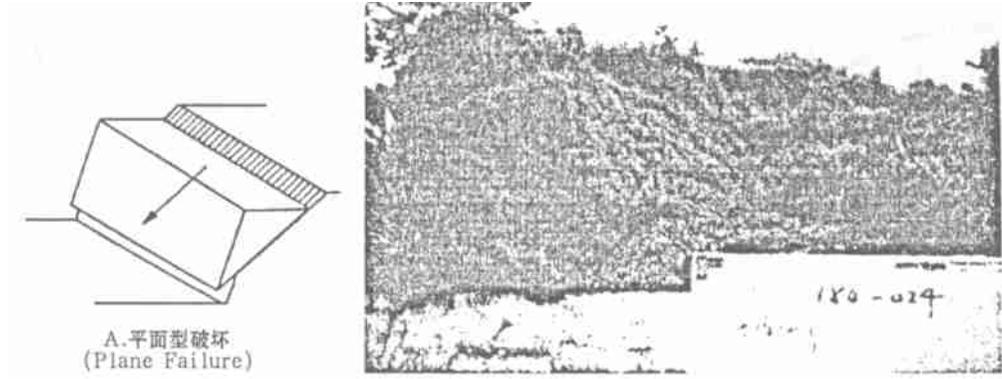
包括植生工法, 如草苗法、植生带法、喷植法、挖穴施肥、铺网客土、喷植法、打桩编栅法、预铸框或自由梁型框、客土植生法等。

#### 2. 排土工程

把边坡土方不安定之土块移除, 即可减低滑动以安定边坡。

#### 3. 河川保护工程

包括防砂坝, 以拦阻或调节河床砂石, 稳定河床及两岸崩塌, 防止侵蚀、冲蚀, 并抑制土石流, 减少灾害为目的。潜坝则以安定河道, 防止纵、横向侵蚀为主, 此外有保护河岸, 稳定坡脚之护岸工程, 以及稳定流心, 调整溪床降之固床工, 以及跌水工等。



平面型破坏: 土壤沿着某一平面滑动者, 如顺向坡, 且弱面的倾角小于坡角, 则岩层将顺着该弱面而滑动者, 称为平面滑动。



圆弧型破坏: 滑动面为近似一圆弧者, 均质土壤常发生此类的破坏模式, 通常在坡顶处的滑动面较陡, 在坡趾处滑动面较缓。



楔型破坏: 岩体被两组弱面所切割成为楔形块, 若两弱面的交线之倾向与坡面一致, 且该楔形块沿此交线下滑者, 称为楔型破坏。

图 1 边坡破坏之型態分类

Fig. The major patterns of slope failure

表 2 崩塌地的防治工法

Table 2 Counter measurements of landslide areas

1. 降低孔隙水压	A. 地表排水	a. 渗透防止工程 b. 地表排水沟
	B. 地下排水	a. 暗渠 b. 横向集水管 c. 集水井 d. 排水廊道
2. 改变地形	A. 整坡	a. 挖方 b. 填方
	B. 坡面保护工	
3. 增加抑止力	A. 桩	
	B. 深基础桩	
	C. 岩锚	
	D. 挡土墙	
其 他	河川构造物	

#### 4. 地表水排除工程

于主要休水区及发生龟裂处, 设置排水路, 截泄沟或渗透水防止工, 以减少雨水渗入水中或裂缝中。

#### 5. 地下水排除工程

主要目的在将地滑地, 土壤中排出多余水, 以降低地下水位, 减少水压避免滑动现象发生, 可分为浅层及深层地下水排除工程两种。

#### 6. 中下游区使用之淤积工法

疏导工法如渠道或导流提等, 以诱使土石流沿一安全之路线移动, 以及在扇状地上使用缓冲林带, 以避免土石流之道直接侵袭。

### 4.2 抑止工法

#### 1. 挡土工程

目的在维持坡面的安定, 防止填土或开挖面之崩塌, 主要是增加抗阻力以防止降雨时之崩塌, 工法有三明治式、重力式、悬臂式、扶臂式、叠式(如蛇笼、箱型网笼、格笼、加劲土壤构造物), 板桩式及锚锭挡土墙等。

#### 2. 打桩工程

于小丘或局部发生小地滑时所采用之防治工法, 一般为组合桩, 亦有因应现场而将桩头互相连结者, 依种类可分为混凝土桩、钢管桩、日型钢桩及木桩等。

#### 3. 地锚工程

一种利用重力混凝土框架加锁锚锭位应力以阻止土块移动之工法, 主要功能在增大滑动面相对应垂直力, 增加剪断抵抗力, 阻止地滑滑动, 滑动面之缝合及补强作用等。可分浅层与深层锚锭两种。

#### 4. 深基础工程

主要适用在打桩工程无法达到稳定或受到地形

限制打桩机无法施工时, 一般有两种形式, 一种为中空断面, 中空部分充填卵砾石之钢筋混凝土桩, 另一种为断面直径4 m, 外围为钢筋衬圈, 内部全以沼浆充填, 并每隔1 m加设H型钢补强。

#### 5. 荷载土

在地滑尾端处, 利用填土之重力, 以平衡并阻止土体动之工法, 可与地滑头部之切土工法配合, 使用填土时, 宜注意地表面之清除及本身基础之安定。

### 4.3 临时防护措施

在崩塌灾害发生后, 除了要立即作现地调查外, 更不可忽视紧急临时防护措施, 以避免二次灾害之发生及不必要之人员伤亡, 防护措施包括: 临时性排水、截水设施、防止地表水渗入(如铺塑料布以粘土填塞裂缝等), 警告标志的设立, 全天候警戒监视, 紧急疏散, 避难医护救难等防护措施。

## 5 结论

该地区发生山崩之因素, 可略述归为如下:

1. 地质构造的因素: 顺向坡的地形, 单斜构造上的倾斜坡, 岩层沿层向下滑移, 同时节理发达, 岩层易沿节理面破裂。

2. 岩性的因素: 石灰岩成层状, 其中时来不规则之薄层岩石(软弱夹心)。使抗剪强度降低, 在重力作用下, 易沿岩面向下滑动。

3. 地形过陡: 尤其当公路开挖后, 局部地形更加陡峻, 使边坡趋于稳定。

4. 雨水的因素: 地面的降水, 一方面使岩层吸收水分而增加重量; 另一方面雨水沿节理与其它裂隙下渗, 造成岩层内部份之封的水压, 增加孔隙水压力, 并使泥岩湿润软化, 降低岩层之剪力强度。

5. 人为的因素: 支撑力的移去, 由于公路的开挖, 将倾斜坡之坡脚挖除, 使上方岩层失去支持力而虚悬, 岩层在重力的作用下, 当然要滑落下来, 这是最重要的因素, 同时亦未做任何配合保护边坡稳定之工程设施。

#### 参考文献:

- [1] 郭清江. 土石流及崩塌地整治方法[C]. 台湾: 九二一震灾中 日土砂灾害调查及治理研讨会, 2000. 9~14.
- [2] 何春蒜. 普通地质学[M]. 五南图书公司, 1990.
- [3] 施国钦. 大地工程学中国工程地质篇[M]. 文笙书局, 1997.
- [4] 潘国梁. 应用环境地质学[M]. 地景企业股份有限公司, 1993.
- [5] 王文能. 九二一地震崩塌地现状与灾害防治[C]. 九二一震灾中 日土砂灾害调查及治理研讨会, 2000. 79~90.

- [6] 李锦育. 崩塌灾害防治对策之研究[M]. 国立屏东科技大学水土保持系集水区科学研究室印行, 2001.
- [7] 陈信雄. 崩塌地调查与分析[M]. 台湾: 渤海堂文化公司, 1995.
- [8] Lee, Chinyu. Landslide analysis in Taiwan[J]. *Int. J. Sediment Research*, 1997, 12(3): 183~189.

## Classification and Counter Measurements of Landslides in Taiwan

LEE Chin-yu

(*Department of Soil and Water Conservation, National Ping Tung University of Science and Technology, Ping Tung 91201 Taiwan China*)

**Abstract:** Taiwan is an island of China located in the western Pacific Ocean, and has an area of 36 000 km<sup>2</sup>. It resembles a shape of tobacco shape leaf and is composed of two-thirds mountains. The average annual rainfall is concentrated 70% of its total 2 510 mm in the period of May to September, the other months are mostly dry. Because of the precipitous topography, tectonic disturbances and torrential storms, the rates of geologic erosion in the mountain areas are high and channel aggradation in the lower reaches is severe. The hillslope land of Taiwan is prone to various types of landslide disasters, their frequency and scale have been aggravated in recent years by human activities in land development and natural environment conditions. The landslides directly threat the safety of houses, highway, railway, public works and human being. The purpose of this study is focus on the classification and characteristics of landslides in Taiwan and its counter measurements for preventing such disasters. As the results shown that, landslides in the hillslope could be divided into three major patterns, those are plane failure, circular failure and wedge failure. And the counter measurements of landslides disaster in Taiwan could undertake to two ways, which including the prevention works and control works. The methodology and techniques developed in this study can be used to analyze suspected landslide areas to determine their locations for the purpose of installation of drain tiles to prevent slope failure.

**Key words:** landslide; classification; counter measurement