

边坡潜在崩塌之评估方法

许中立¹, 陈德天², 巫建达³

(1 中兴大学水土保持学系 台湾台中; 2 “农委会”水土保持局第二工程所; 3 台湾水土保持技师公会)

摘要: 台湾地区由于自然环境的特殊, 极易发生坡地灾害, 加上人为的开发扰动, 每每使得灾情扩大。因此在从事坡地保育工作时, 如何能迅速而有效地评估可能发生崩塌区位, 尽早予以实施调查、治理、监测与管制是有其必要性。搜集汇整数种较可行之边坡崩塌评估方法, 分别就环境地质、数字地形分析、土壤与植生等观点为基准, 建立边坡潜在崩塌之定量评估机制, 如此将有助于未来国土防灾规划, 并可提供相关资讯供尔后之研究参考。

关键词: 潜在崩塌; 环境地质; 数字地形

中图分类号: P642 21

文献标识码: B

文章编号: 1005-3409(2001)01-0031-06

Risk Assessment Methods of the Potential Landslides on the Slopeland Area

XU Zhong-li¹, CHEN De-tian², WU Jian-da³

(1 Department of Soil and Water Conservation, Chung-Hsing University, Taichung, Taiwan;

2 The 2nd Engineering Office, Soil and Water Conservation Bureau, Fengyuan, Taiwan;

3 Taiwan Soil and Water Conservation Professional Engineers Association)

Abstract: Taiwan Island is sculptured into a very special environmental geology under the nature forces. This special geological environment is leading into natural disasters on the slopeland area very easily. In addition, a contrived overdevelops cause these disaster even worse. Therefore, to devote ourselves into the conservation task, how to provide an assessment in a more effective and efficient methods are becoming more and more essential and critical. The sooner of performing evaluation, management, assessment, and control has become the necessity. This article is collecting several measurements to assess the potential landslides on the slopeland area. These measurements are under the point of view of environmental geology, digital terrain, soil, and vegetation. To establish this assessment mechanism, it will consequently facilitate and contribute the future scheme onto Taiwan Island. In addition, this mechanism can also provide more related information for further study.

Key words: potential landslide; environmental geology; digital terrain

1 前言

台湾地区之地形陡峻、地质脆弱、土壤松软、河短流急, 加上不时受到地震、台风、豪雨之侵袭, 极易发生坡地灾害。近年来台湾坡地灾害频袭, 如 1996 年 7 月的贺伯台风豪雨引发南投神木村土石流灾害; 1997 年 8 月温尼台风豪雨造成汐止林肯大郡顺向坡滑动灾害与士林德行东路土石流灾害; 1998 年

10 月瑞伯台风豪雨引发内湖崩塌灾害、猫空与碧山地滑、五股灰渣掩埋场崩塌以及三芝崩塌土石流灾害, 并造成汐止全镇 2/3 的淹水灾害。而 1999 年 9 月 21 日凌晨 1 时 47 分于南投县集集镇附近所发生规模 7.3 之浅层强烈地震, 由于破坏力相当大, 造成台湾中部地区极大之灾情。房屋、建筑物倒塌、龟裂; 铁、公路交通设施扭曲、断裂或滑落而中断; 水库与堰体龟裂; 河、海堤龟裂、抬升; 灌溉、排水渠道挤压

* 收稿日期: 2000-11-20

作者简介: 许中立, 男, 中兴大学水土保持学系博士后研究; 陈德天, “农委会”水土保持局第二工程所课长; 巫建达, 水土保持技师公会技师。

变形、碎裂、隆起、移位或被土石掩埋;中部地区更增加了 21 970 处、面积 11 297 hm² 的崩塌地,山区多处且大量之崩落土石,随时可能会藉台风、豪雨而输送至下游酿成二次灾害。为了防止山区土、石流出,山坡地之水土保持工作便显得越来越重要。然而,在从事坡地保育工作之前,迅速有效地评估坡地可能发生崩塌之地区而予以实施治理监测是有其必要性,亦是山坡地开发管制的重要课题。

一般而言,地形、地质、土壤与植生等是造成崩塌灾害的潜因(基本因素),而豪雨、地震与人为的开发等则为诱因(诱发因素)。通常在未受到人为扰动的自然坡面,所发生之山崩、地滑、土石流是属于地质作用与地形轮回的一部分,当这种作用或人为扰动而导致坡面不稳,并造成生命财产的损失时称为灾害。为避免受灾害,一为回避,二为加强坡面稳定,但首先要知道的仍是可能发生的地点,亦即潜在崩塌危险地区的判定。

山坡地崩塌危险之评估,向以集水区整体研究为对象,或由专家学者个案研究行之。前者范围广泛无法针对各标的提出建言,后者费时、费力、花钱,欲运用于全面性坡地住宅安全检查可行性不高。因此寻求合适、可行的方法值得加以探讨。本文乃搜集汇总数种较可行的边坡崩塌评估方法,建立边坡潜在崩塌之定量评估机制,如此将有助于未来国土防灾规划,并可提供相关信息供尔后之研究参考。

2 崩塌地调查

2.1 调查流程与目的

根据以往研究结果显示,绝大多数的崩塌灾害,均系古崩塌地再度受到自然或人为的扰动而造成。崩塌地调查的目的就是指在灾害发生前可经过详细的调查评估而事先予以防范;然灾害发生后,亦必须详细的调查其发生原因,方能施以经济且有效的治理对策;而崩塌治理完成后,仍须持续监测,以防止其再度活动而酿灾。一般崩塌地调查可分为概查、精查(含对策研拟)与管理,其流程如图 1 所示,而各项调查之目的则如表 1 所示。

表 1 崩塌调查目的(日本应用地质学会,1999)

| 阶段 | 调查目的 | | |
|----|--|---------------------------------------|--------------------------|
| | 概查 | 精查 | 管理 |
| 防灾 | 位置与分布 推测规模 概估危险度 | 了解边坡特性 评估危险度 确立防治对策 订立安全管理方案 | 安全监测 防治设施维护 |
| 治理 | 确认灾害范围 确认规模 预测二次灾害、危险度 了解发生原因 | 了解边坡特性 订立治理对策 改善安全性 | 确认治理成效 安全监测 设施维护管理 |

2.2 调查方法与内容

首先利用比例尺 1/1 000 或 1/2 000 之地形图,选择坡度大于 35°坡高大于 10 m 且坡下、上方有建筑物或道路之坡面,或有记录之潜在崩塌、地滑地区及顺向坡具有自由端之坡面等,依地形单元绘制其范围,平衡坡则以 100 m 为单元标绘于地形图上,并逐一编号,每一编号填制调查表,将坡度、坡向、坡高等填入以建立调查对象数据库。同时应携带卷尺、倾斜计、照相机、岩石锤或硬度计等工具,逐一记录并照相比对。

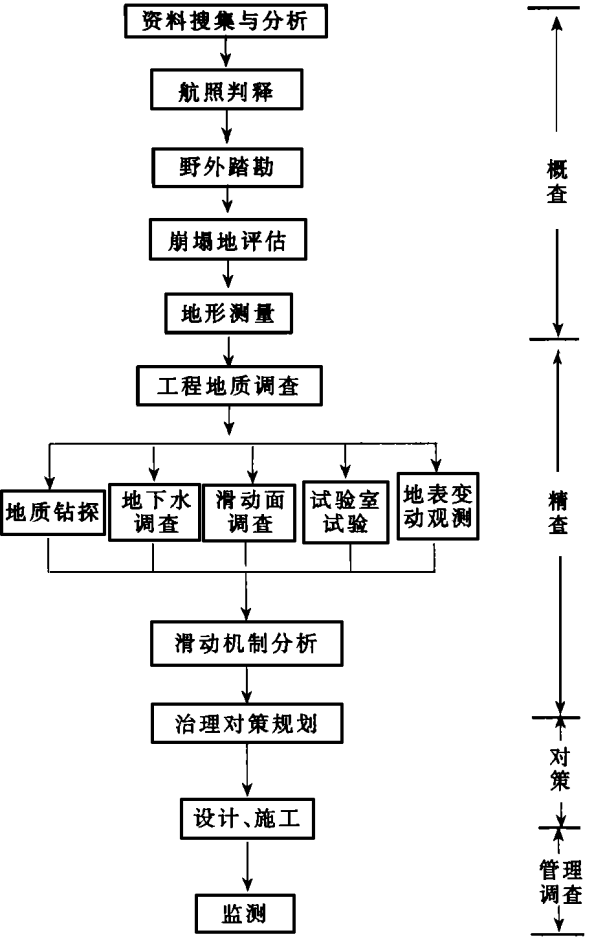


图1 崩塌地调查流程

调查方法系就调查坡面之属性资料与地形、地质、土质、土壤、植生、冲蚀情形、地下水影响等崩塌之基本因素,以及诱发崩塌之因素进行调查。调查项目则分为:属性资料、基本项目调查与重要项目调查。属性资料包括坡面位置、土地座落、地目、土地使用分区、土地所有权人、管理人、相关建筑物住址、建物种类、户数;基本项目调查包括坡面分类、坡型、坡向、冲蚀沟、地质年代、地质特征、风化情形、坡面排水、植生覆盖、坡面保护情形等;重要项目调查包括坡度、坡高、坡面基盘状况、表土厚、涌水情形、坡面稳定工等。此外,坡面活动、坡面稳定等有关之管理

因素亦应一并调查。

在上述的调查工作完成后, 除可以进行相关的比较分析外, 亦可依据各个学者专家所提出的崩塌地危险度分级, 按实际之需要而对其边坡的稳定性加以评量。

3 崩塌地评估方法

对于崩塌地的评估其主要的目的是为了提供坡地管理、规划后续调查与治理对策研拟之参考, 属于国土综合规划之一环。虽然评估分级的依据不外为环境地质、数字地形分析、土壤与植生等基准, 但由于各个专家学者所研提的评估方法与分析结果仍有很多差异存在, 主要的原因是由于应用此类经验式或定性分类法时, 会出现适用区域(范围)的限制, 引用时应予特别留意。以下就所搜集有关边坡的崩塌评估方法加以个别说明:

3.1 山崩地滑潜感评估法

本方法最主要是针对集水区内地滑与山崩灾害而发展的评量方法, 主要的评估项目多系根据以往边坡崩滑现象归纳而得, 同时考虑到其对建筑物或公共设施的关联性, 是目前较常被提及的方法之一。其评估方式是以简便的查表法, 如表 2~ 4 所示。

表 2 地滑潜感度评估表(日本测量调查技术协会, 1984)

| 评估项目 | 分数 |
|---------------------|----|
| 曾经滑动过 | 1 |
| 周遭构造物发生异样 | 3 |
| 出现下陷、上拱、裂隙、坍方等 | 4 |
| 位于断层或破碎带、岩层遭强烈风化或变质 | 1 |
| 顺向坡 | 1 |
| 有渗水、泉水、涌水等现象 | 1 |
| 易于汇集地表水之地形 | 1 |
| 在航空照片内呈现明显之地滑地形 | 2 |
| 合计 | T |

高潜感度: $T \geq 4$ 中潜感度: $3 \leq T < 4$ 低潜感度: $T = 1, 2$

表 3 山崩潜感度评估表(日本建设省河川局砂防部, 1996)

| 评估项目 | 分数 |
|---------------|----|
| 坡高为 10 m 以上 | 7 |
| 坡高为 10 m 以下 | 3 |
| 坡度为 45° 以上 | 1 |
| 倒悬 | 3 |
| 表土层厚 0.5 m 以上 | 1 |
| 涌水 | 1 |
| 周遭有崩塌现象 | 3 |
| 构造物出现异样 | 3 |
| 合计 | T |

高潜感度: $T \geq 12$ 中潜感度: $11 \geq T > 12$ 低潜感度: $T \leq 5$

表 4 崩塌地危险度分级表

| 潜感度 | 重要设施 | 次要设施 | 无设施 |
|-----|------|------|-----|
| 高 | A | B | C |
| 中 | B | B~C | C |
| 低 | C | C | C |

A: 高危险度, B: 中危险度, C: 低危险度。

3.2 陡坡地潜在危险地区评估法

目前较广泛被采用的边坡崩塌评估法, 是以日本学者中筋章人(1988)所提出针对陡坡地潜在危险地区所发展的定量分析法, 其重要调查项目包括:

3.2.1 坡度 坡度是自然地形演变的表征或人为开挖所遗留者, 坡度增加将提高岩体内部的剪应力而破坏平衡状态。崩塌数与坡度呈布瓦松分布(Poisson's distribution), 一般崩塌坡度在 35~ 55°; 最容易发生的坡度为 35~ 50°; 超过时反而不易发生崩塌。

3.2.2 坡高 坡面因垂直冲蚀或挖方而增加坡高, 将增强侧方应力的解压而导致坡面岩石的松动与平行于坡面裂隙的形成, 增加径流水的穿透机会, 不利于坡面之稳定。

3.2.3 坡面地盘状况与突出物的有无 坡面滚石、浮石的增加、卵石含量、顺向坡自由端有无、岩石风化、变质、龟裂程度、土壤种类与突出物之种类有无, 将在下方支持力消失或受到冲击、震动等情况下而导致坡面失衡。

3.2.4 表土厚度 土壤厚度的增加而提高崩塌的潜力, 亦即表土愈厚, 崩塌的机率愈高。

3.2.5 涌水 伏流水、地下水的增加提高孔隙水压力, 而降低土壤剪力强度。地下水的涌出, 会将土体中细颗粒一并带出流失, 增加孔隙率而松动土体, 容易造成崩塌。

3.2.6 落石、崩塌频度 落石、崩塌的历史, 显示地区的安定与否, 其发生频率是坡面安定的指针。

3.2.7 坡面管理 坡面状态的变形, 有害行为的有无, 如坡面植生砍伐, 土体的扰动等。

3.2.8 坡面安定工程 坡面安定工程异常、变形的有无及其安定度。

此项方法系将各调查项目概分为重要因素与管理因素两大类, 依其对崩塌发生之影响力而分别给予各分项因子之定量参数或定性评估, 再采累计点数方式, 按点数及定性评估归类等级, 其配点基准表如表 5 所示。

表 5 陡坡地崩塌危险评估基准表

| 项目 | 编号 | 调查项目 | 项目区分 | 配点 |
|------|----|-------------|------------------|----|
| 重要因素 | 1 | 坡面高/m | 5 $H < 10$ | 3 |
| | | | 10 $H < 30$ | 7 |
| | | | 30 $H < 50$ | 8 |
| | | | 50 H | 10 |
| | 2 | 坡面坡度/° | 55 α | 7 |
| | | | 45 $\alpha < 55$ | 4 |
| | | | $\alpha < 45$ | 1 |
| | 3 | 坡面突出物 | 无构造物坡面的突出物 | 7 |
| | | | 有构造物坡面的突出物 | 4 |
| | | | 无突出物 | 0 |
| | 4 | 坡面的地盘 | 坡面滚石浮石多, 顺向坡具自由端 | 10 |
| | | | 坡面卵石多, 顺向坡具表土 | 7 |
| | | | 风化、变质、龟裂发达岩层 | 6 |
| | | | 土砂间砾石 | 5 |
| | | | 风化、变质龟裂发达之岩层 | 4 |
| | | | 砂土 | 4 |
| | | | 黏质土 | 1 |
| 管理因素 | 5 | 表土厚度 | 0.5 m 以上 | 3 |
| | | | 0.5 m 以下 | 0 |
| | 6 | 涌水 | 有 | 2 |
| | | | 无 | 0 |
| | 7 | 落石、崩塌频度 | 一年一次以上 | 5 |
| | | | 一年未满足一次 | 3 |
| | | | 无 | 0 |
| | 8 | 边坡异常变形 | 有 | a |
| | | | 无 | c |
| | 9 | 边坡安定工异常、变形 | 有 | a |
| | | | 无 | c |
| | 10 | 房屋等被落石、崩塌损害 | 有 | a |
| | | | 无 | c |
| | 11 | 坡面上有害行为 | 显著 | a |
| | | | 可见些微 | b |
| | | | 无 | c |
| | 12 | 边坡安定工的安定度 | 低 | a |
| | | | 普通 | b |
| | | | 高 | c |

崩塌危险度等级评定又可分为自然边坡与人工边坡两大类, 其评定等级分类, 如表 6 与表 7 所示。

表 6 自然边坡评定等级表

| 项目 | 重要因素点数 | | |
|-----------------|------------|----------|--------|
| | 13 点以下 | 14~ 23 点 | 24 点以上 |
| 管理因素 (8~ 11) | 一个 a 以上 | A | A |
| | 一个 b 及一个 c | B | A |
| | 全部 c | C | A |

表 7 人工边坡评定等级表

| 项目 | 自然边坡评定等级表结果 | | |
|--------------|-------------|---|---|
| | A | B | C |
| 管理因素 (12) | a | A | B |
| | b | A | B |
| | c | B | C |

根据上述之崩塌危险评估标准表累计点数, 再依重要因素之点数与管理因素之评级, 分别评定各坡面之崩塌危险度等级为 A、B、C 三级, 并建议应采取必要之策略。

A 级: 属高危险度, 应尽快采取边坡稳定处理, 在未完成处理前, 应通知相关住户于豪雨时进行疏散。

B 级: 属中等危险度, 应加强监视与管理, 拟定治理计划依序治理, 于豪雨时应通知相关住户加强注意。

C 级: 属低危险度, 应加强平时之管理。

经上列之分析评定为 A 级者, 依法应通知水土保持义务人尽速采取边坡稳定处理, 以保护邻近住户安全。评定为 B 级者, 应通知水土保持义务人加强监视与管理。评定为 C 级者, 应通知水土保持义务人加强平时之管理, 并不得有害行为的发生。

3.3 土地敏感区位评估法

张石角(1979)以土地单元为分析的单位, 依据环境地质的观点, 结合坡度、地质动力、工程地质、土壤、利用潜力等因素, 建立土地之敏感区位与开发潜力资料, 可供管理机关参考应用, 如表 8~ 表 11 所示。

表 8 山坡地坡度分级标准

| 坡名 | 区分 |
|----|------------|
| 平坡 | < 15% |
| 缓坡 | 15% ~ 30% |
| 中坡 | 30% ~ 55% |
| 陡坡 | 55% ~ 100% |
| 峭坡 | > 100% |

表 9 山坡地基本因子分级序数

| 静态地形因子 | | 动态地形因子 | | 工程地质因子 | |
|--------|---------|-------------------|------|--------|---|
| 序数 | 坡度/% | 序数 | 地表现象 | 序数 | 工程地质组合 |
| 1 | < 15 | 1 | 不显著 | 1 | I _{0a} , I _{1a} , II _{0a} , II _{1a} |
| 2 | 15~ 30 | 2 | 小冲蚀沟 | 2 | I _{0b} , I _{1b} , I _{2a} , I _{2b} |
| (3) | (2/4) | 3 | 大冲蚀沟 | | II _{0b} , II _{1b} , II _{2a} , II _{2b} |
| 4 | 30~ 55 | 4 | 旧崩塌地 | 3 | I _{0c} , I _{1c} , I _{2c} , I _{3c} |
| (5) | (4/6) | 5 | 新崩塌地 | 4 | I _{3a} , I _{3b} , I _{3c} |
| 6 | 55~ 100 | 以上有地下水渗出者, 其序数加 1 | | | II _{1c} , II _{2c} , II _{3a} , II _{3b} |
| (7) | (6/8) | | | | II _{3c} |
| 8 | > 100 | | | | |

表 10 工程地质因子分类表

| 类别 | 岩类 | 符号 | 岩性 | 备注 | | |
|--------|----------|-----------------------|---------------------------------------|--|----|------------|
| (1) 岩石 | 沉积岩 | I | 砂岩(R> 2) 石灰岩 | R = 砂岩 页岩(原度比) I - 硬岩 II - 软岩 | | |
| | | II | 砂页岩互层(R< 2) 页岩或泥岩 多孔状石灰岩 凝灰岩 | | | |
| | | | 火成岩 | | I | 熔岩 侵入岩体 |
| | | | | | II | 火山碎屑岩 |
| | 变质岩 | I | 片麻岩、大理石 石英片岩 | | | |
| | | II | 板岩、千枚岩 黑色片岩、绿色片岩 | | | |
| | (2) 地质构造 | 符号 | 层面或片理与斜面之关系 | | | |
| 3 | | 倾斜坡(12°≤ 倾向< 40°) | | | | |
| 2 | | 崖坡 | | | | |
| 1 | | 斜交坡、倾斜坡(12°≤ 倾向> 40°) | | | | |
| 0 | | 无层理 | | | | |
| (3) 土壤 | 符号 | 土壤厚度/m | | | | |
| | a | < 2 | | | | |
| | b | 2~ 5 | | | | |
| | c | > 5 | | | | |

表 11 山坡地环境地质条件区分与社区开发限制标准

| 序数和 | 安定信赖度 | 稳定现况 | 预期运动 | 触发运动阈值 | 开发限制 |
|-------|-------|-----------------|--|--|---|
| 3~ 5 | 高 | 稳定, 无不安定之征象及可能性 | 无 | - | - |
| 6~ 7 | 中 | 基本上稳定, 惟条件稍差 | 开发时如不注意工程环境, 可能会有小规模崩塌, 在异常自然状况下可能发生局部崩塌 | 雨量> 350 mm/d 六级烈震 人工边坡< 雨量> 200 mm/d 五级强震 人工边坡< 雨量> 100 mm/d 四级中震 人工边坡< 5m | 建筑以及任何开发工程须受建筑规范之严格管制, 开发计划核准前, 并应就开发工程对土地安定之效应予以评估 |
| 8~ 10 | 低 | 一般不稳定 | | | 除非经过彻底的工程地质调查之后, 重新予以评估, 原则不准私人做非整体性之开发, 公共设施的品质要与主建筑物同水准 |
| > 11 | 极低 | 不稳定 | 现存崩塌地或预期会有严重之崩塌 | | 在任何状况下不准开发, 或改变地貌 |

3 5 地形滑动力评估法

日本学者冲村孝是以地形滑动力等因素做为山腹的崩塌评估研究, 并实际应用于集水区调查评估工作而著名。冲村孝(1983)采羽田野所提出以地形滑动力指数(F_s)为依据, 当其超过了某数值时订为容易发生崩塌范围。

$$F_s = s \times a^{1/3}$$

式中: s ——崩塌源的平均坡度 θ 的正切(= $\tan\theta$);
 a ——崩塌源下端集水区的平均流路(= A_0/W), 单位为 m; A_0 ——集水区面积, 单位为 m^2 ; W ——崩塌源的下端宽度, 单位为 m。

以此种方式评估集水区的崩塌地分布, 可直接应用于已将地形数值地图化的地区, 并将地形基本图以 10 m 间隔方式建立网格资料, 分析其水系、倾斜角与计算地形滑动力指针参数。

3 4 坡度坡向评估法

据吴正雄(1986)之调查结果指出, 崩塌地位于山腹 2/3 以上至山脊间占 55.51%, 主要是受到向源侵蚀旺盛影响的缘故。不同坡度级之崩塌个数密度及崩塌率分别与坡度成三次曲线回归关系; 崩塌个数密度与崩塌率之极大值为每 hm^2 0.52 处与 2.32%, 分别落在坡度 40.8 与 39 的坡面上, 超过此坡度则崩塌情形有急速下降的趋势。回归个数密度 Y_1 (个/ hm^2) 对坡度 x_1 (°) 的关系式为:

$$Y_1 = -0.276 - 0.0063x_1 + 0.0017x_1^2 - 2.722 \times 10^{-5}x_1^3$$

崩塌率 Y_2 (%) 对坡度 x_1 (°) 的关系式为:

$$Y_2 = 4.823 - 0.701x_1 + 0.0309x_1^2 - 3.752 \times 10^{-4}x_1^3$$

不同坡向之崩塌个数经 χ^2 适合性测验达极显著水准, 表示各坡向间之崩塌个数确有显著的不同, 其中以东、东南及东北向的崩塌占多数, 西北及西南向最少。

3 6 区位地形滑动力评估法

本法亦为冲村孝等(1985)所提出, 延续上述方式以地形资料而求得较具危险性的坡面区位, 并改进以往仅采用地形数值模型的网格方式进行解析之不足, 指出应留意危险性之水系可能会造成表层崩塌之扩大如平行型、山脊型坡面与水系侧壁等地区, 排除表土层厚度因素所造成之崩塌影响。所采用之分析宽度为 5 m 之网格, 依此计算其地形滑动力指数(F_5)。

$$F_5 = \tan\theta \times A_5^\alpha$$

式中: A_5 ——为以宽度 5 m 网格所计算之面积;
 θ ——为网格坡度; α ——为未知常数, 各地区根据过去崩塌调查结果而定。

3 7 地形滑动力通用评估法

本法结合了上述的两种方法, 并考量一般连续降雨之强度低而延时长、豪雨之强度高而延时间短

的情况,修正上述直接以集水区面积乘上坡度所求得之地形滑动力指数 F 值,将连续降雨时间(降雨延时)所对应之集水面积予以并入重新定义。同时假设集水面积大小与所显示的谷密度等彼此是独立的,降雨连续时间短时谷密度不受影响。

在边坡分析方面,以个别区域间之比较,求出坡度之无次元化($\tan\theta/\tan\theta_{\max}$),即对该网格坡度为区域最大坡度所对应值加以定义。

使用局部集水面积与坡度无次元化此二参数,求出修正值(F_{p5})为数值模数,如此将更有效且不需要过去崩塌资料即可求出危险度。

$$F_{p5} = \tan\theta/\tan\theta_{\max} \times A_{p5}(1.5)^{\alpha}$$

式中: $A_{p5}(1.5)$ ——为降雨延时 1.5 h,以宽度 5 m 网格所计算之局部集水面积; θ ——为网格坡度; θ_{\max} ——为区域最大坡度; α ——为未知常数。

本法之另一特色为将 F 值依大小顺序排列,先概略区分为 10 个等级,从大到小排列,则第 3 级以下亦即约 30% 的范围可定为危险的 F 值(参照当地情况亦可更严格定义 10% 以下者),依此可不用过去的崩塌资料即可划定潜在崩塌危险区域。

4 分析方法比较

虽然专家学者们所提出的评估方法多系依现场

表 12 崩塌地评估方法所采用因素之比较表

| 评估方法 | 地质材料特性 | 土壤厚度性质 | 气候降雨情况 | 地下水与涌水 | 坡度 | 坡向 | 坡高 | 变形位移沉陷 | 地震 | 集水面积大小 | 保全对象有无 | 过去崩塌历史 |
|--------------|--------|--------|--------|--------|-------|------|------|--------|------|--------|--------|--------|
| 山崩地滑潜感评估法 | | | | | | | | | | | | |
| 陡坡地潜在危险地区评估法 | | | | | | | | | | | | |
| 土地敏感区位评估法 | | | | | | | | | | | | |
| 坡度坡向评估法 | | | | | | | | | | | | |
| 地形滑动力评估法 | | | | | | | | | | | | |
| 区位地形滑动力评估法 | | | | | | | | | | | | |
| 地形滑动力通用评估法 | | | | | | | | | | | | |
| 采用次数 | 3 | 2 | 2 | 3 | 7 | 1 | 2 | 2 | 1 | 3 | 1 | 1 |
| 百分比/% | 42.9 | 28.6 | 28.6 | 42.9 | 100.0 | 14.3 | 28.6 | 28.6 | 14.3 | 42.9 | 14.3 | 14.3 |

此外,降雨与崩塌的发生也有着密切的关系,从降雨量、降雨强度与降雨模式等均会影响崩塌范围的大小。一般边坡在先前已经过充分的降雨之后,若再遇有短时间的连续豪雨,则极易发生崩塌情形。然而降雨强度的大小、延时与集水面积间亦存有相关性,由此可知上述所采用的评估因素间并非彼此独立,因此边坡崩塌可称为是各种因素的综合作用结果,惟其相互作用关系甚为复杂,如欲提出一套集合各种因素的评估方法,则仍有待进一步的探究。

调查汇整之资料,再根据环境地质、地形、土壤、气候、保全对象...等 12 项指标因素,而订立区域的潜在崩塌危险度,然而因各个评估方法所考虑的因素不尽相同且有一定的适用范围限制,故本文乃归纳上述评估方法中的 12 项指标因素之采用情形进行比较,如表 12 所示。其中坡度因素全部的评估方法均有采用,显示坡度因素对边坡崩塌的影响相当重要,而由力学的观点亦可说明一般平均坡度较陡的集水区其崩塌地面积也较广,泥砂输出较多。其次地质材料特性、地下水与涌水以及集水面积大小等亦有将近一半均采用,此与崩塌地调查的实际状况相似,尤其是崩塌多发生于特殊的地质条件地区,如破碎地层或顺向坡等,且都有地表径流、伏流水或地下水汇集的情形,故该地区极易引发崩塌灾害。其余的因素采用则多系根据各别的评估方式而发展,虽采用率不高但对个别的评估方法影响仍不小,不容忽视。又 1999 年 9 月 21 日的集集大地震造成台湾山坡地严重崩塌,在所搜集汇整的评估方法中则较少被提及,相信如此重要的因素未来定会受到更多的重视。

5 结 论

由于台湾地区自然环境的特殊,加上人为的开发扰动,极易发生坡地灾害。因此在从事坡地保育利用工作时,如何能迅速而有效地评估可能发生崩塌区位,尽早予以实施调查、治理、监测与管制是山坡地开发管理工作的重要课题。

本文乃搜集汇整七种边坡崩塌评估方法,分别就环境地质、数位地形分析、气候、土壤、地下水等观
(下转第 66 页)

各种难题组织科技攻关, 推广运用行之有效的现代科技成果, 力求取得更好的减灾效果。在对灾情进行有效监测和部分调控的基础上, 努力建立和完善灾害的预测、预报制度, 逐步开发并形成防治灾害的信息系统、预警系统、专家系统和调度指挥系统。在防治灾害的工程性措施中, 大力推广和采用新技术、新工艺、新材料、新设备、新方法, 抓紧现有设施装备的技术改造和设备更新。随着科学技术的发展, 21 世纪的防洪要从地上转移到天上。现在已经可以实施小范围的人工降雨, 将来利用气象学、化学、物理学等多种方法和途径, 进行人工减雨, 在关键地区、关键时刻, 削减过高的洪峰, 避免大堤决口。希望国家科技主管部门能将治理淮河、长江等重大科技问题列入国家科技攻关和推广计划, 进行多学科地综合研究。科技减灾的效益是投入最小、效益最大的工程, 建议筹建“安徽减灾科学基金”以保证减灾的科技投入。

3.6 强化管理, 保证已建工程充分发挥作用

要实现长期减轻水旱灾害的目的, 很大程度取决于各类工程的可持续运用。按照社会主义市场经济的原则, 建立各类资产经营管理新体制, 理顺产权关系和经济关系, 做到投入有产出, 耗费有补偿, 投资有收益。在实现社会效益的同时, 实现自身的经济效益, 有足够的经济来源不断完善工程设施, 使各类工程长期安全发挥作用。要防止过去经常出现的“重建轻管”思想, 重视防洪体系的管理和维修, 使之经常处于良好状态。协调好流域防洪规划与城镇防洪规划、农田水利规划以及航运、水产、环保各方面的规划。国家和省已颁布了《中华人民共和国水法》《中华人民共和国水土保持法》《中华人民共和国防洪法》《中华人民共和国水污染防治法》《安徽省实施中华人民共和国防洪法办法》, 必须做到有法可依, 有法必依, 执法必严, 违法必究, 依法管理, 协调社会各个方面的关系, 逐步走上法制管理的轨道。

(上接第 36 页)

点为基准, 而建立边坡潜在崩塌之定量评量机制, 如此可提供做为未来国土防灾规划之参考。

各种边坡潜在崩塌危险的评估方法中坡度因素全部均采用, 显示坡度因素对边坡崩塌的影响相当重要。其次则是地质材料特性、地下水与涌水以及集水面积大小等亦有将近一半均采用, 此种情形与崩塌地调查的实际状况相似。其余的因素虽采用率不

高, 但对个别的评估方法影响仍应予以重视。

此外, 由于潜在崩塌评估多以集水区为单元, 由于须调查分析的工作繁杂, 若能利用数值地形、遥测与地理资讯系统的分析技术加以辅助, 则可加快处理速度与反复验证工作。

边坡的崩塌是各种因素的综合作用结果, 各因素相互作用关系甚为复杂, 仍有待进一步的探究。

参考文献:

- [1] 王文能, 黄镇台. 崩塌地调查与治理对策[C]. 第二届治山防灾研讨会论文集, 2000: 37~52.
- [2] 吴正雄, 江永哲. 林口台地林地之地形因素与土石流发生之关系研究[J]. “中华水土保持学报”, 1985, 16(2): 48~58.
- [3] 吴正雄, 江永哲. 芎林地区之地形植生因素与土石流发生之关系研究[J]. 农林学报, 34, 183~194.
- [4] 吴正雄. 陡坡地崩塌潜在危险评估方法之探讨[C]. 水土保持实务与对策研讨会论文集, 1999: 36~48.
- [5] 黄宏斌. 地震与集水区水土保持[C]. 集水区保育- 水库集水区整治规划与管理研讨会论文集, 2000: 17~29.
- [6] 张石角. 台北市山坡地环境地质及土地利用潜力调查[R]. 台北市政府都计处委托报告, 1979.
- [7] 刘进金. 航照在工程地质上之应用——崩塌调查实例[J]. 遥感探测, 1987(4): 97~123.
- [8] 刘进金. 山崩之遥测影像自动分析[J]. 遥感探测, 1987(8): 60~69.
- [9] 松村和树, 中筋章人, 井上工夫. 土砂灾害调查[M]. 鹿岛出版会, 1988.
- [10] 冲村孝. 地形要因からみた山腹崩壊发生危険度评价の一手法[J]. 新砂防, 1983, 35(3): 1~8.
- [11] 冲村孝, 中川雅胜. 数值地形みほまる表层崩壊发生位置预知の一手法[J]. 新砂防, 1988, 41(1): 48~56.
- [12] 冲村孝, 中川雅胜. 地形的滑动力示数を用いた崩壊危険斜面预知手法の泛用性ほつじつ[J]. 新砂防, 1989, 41(6): 14~21.
- [13] Gross, R. An inexpensive video data capture system for hydrological maps[J]. Hydrological Science Journal, 2(4): 157~167.
- [14] 谢豪荣, 等. 台湾地区山坡地之崩塌与地滑特性之探讨[J]. 水土保持研究, 1995, 2(3): 121~123.
- [15] 许中立, 等. 边坡稳定逆算分析法之应用探讨[J]. 水土保持研究, 1999, 6(3): 80~87.