

滑坡系统监测及预报

陈永波, 王成华

(西南交通大学土木工程学院, 成都 610015)

摘要: 滑坡监测的好坏对受滑坡威胁的重要工程的安全及运行产生直接影响, 根据前人工作成果以及自己的经验, 系统的阐述了滑坡监测系统, 并对监测的结果进行分析预测, 取得了很好的效果。

关键词: 滑坡; 监测系统; 预报

中图分类号: P642 22

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2001)02-0112-03

Landslide Monitoring and Forecasting

CHEN Yong-bo, WANG Cheng-hua

(Civil Engineering Institute, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610015, China)

Abstract: The quality of landslide monitoring system has direct effect on the safety and operation of key project. According to working achievement of predecessors and self-experience, the authors elaborate landslide monitoring system, and analyze monitoring data, and acquire fine result.

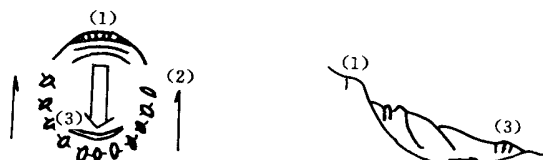
Key words: landslide; monitor system; forecast

中国是世界上滑坡灾害严重的国家之一。据不完全统计, 中国有 70 多座城市和 460 多个县受到滑坡灾害的威胁及危害, 平均每年至少造成 15~23 亿元的经济损失^[1]。在国家工程项目, 特别是重大工程项目(如三峡水利工程等)建设及运营过程中, 受到滑坡灾害的威胁。因此对滑坡的监测以及预测具有十分重要的意义。西南地区是多山的地区, 在基础建设过程中, 时常受到滑坡等地质灾害的威胁, 特别对于重要路段如隧道等, 尤其严重。本文系统的阐述滑坡的监测系统, 以及以监测结果的分析预测, 具有十分重要的理论和现实意义。

1 滑坡发育特点

滑坡是在一定环境下斜坡岩土体在重力的作用下, 由于内、外因素的影响, 使其沿着坡体内一个(或几个)软弱面(带)而发生的剪切下滑现象。滑坡变形与位移主要有以下特征(图 1):

拉张裂缝: 在发生滑动时, 滑体由于受拉而在后



(1) 拉张裂缝; (2) 剪切裂缝; (3) 鼓胀裂缝

图 1 滑坡裂缝

缘产生一系列的拉张裂缝, 其中一条与滑坡后壁吻合, 为主裂缝。在土质滑坡中拉张裂缝多呈弧形, 其规模随滑坡的不同而存在很大的差异。

剪切裂缝: 分布于滑体的中前部的两侧, 并最终发展成滑坡的侧界裂缝。

鼓胀裂缝: 滑体在下滑过程中, 前缘受阻或后部滑动太快, 滑体前部则上鼓并开裂, 从而形成鼓胀裂缝。

* 收稿日期: 2000-08-25

作者简介: 陈永波, 男, 30 岁, 西南交通大学在职博士生, 主要从事边坡稳定性监测、评价及边坡稳定工程设计。

2 滑坡监测方法

监测滑坡是为了具体了解和掌握滑坡演变过程, 为滑坡的正确评价、预测预报及治理工程提供可靠的资料和科学依据, 同时监测结果也是检验滑坡分析评价及治理工程效果的尺度。

通过监测滑坡的变形特征与规律, 预测预报滑坡的边界条件、规模、滑动方向、破坏方式、大体时间及其危害性, 并及时采取措施尽量或减轻灾害损失。如新滩滑坡(1985 年 6 月 12 日, 设站仪器观测), 经

监测预报, 减少直接经济损失 8 700 万元; 湖北秭归县鸡鸣寺滑坡(1991 年 6 月 9 日, 简易测桩监测), 监测预报, 无一人伤亡。

2 1 监测内容

根据滑坡发育、发生阶段的变形及破坏特点, 监测内容主要包括: 降雨量、气温、地震、地表(下)水(包括库水位等)、地声、坡体后缘裂隙及其变形、滑体垂直方向变形及位移以及水平方向变形及位移等方面的监测(表 1)。

表 1 滑坡监测方法一览表

监测内容	监测方法	仪 器	特 点	适 用 性
地表变形	大地测量法	经纬仪 水准仪 测距仪	投入快, 精度高, 直观, 安全	适用于不同变形阶段的测量, 但受气候及地形的影响, 不能连续观测
	GPS 法	GPS 接收机	精度高, 投入快, 易操作不受地形限制, 但成本较高, 发展前景可观	适用于滑体不同变形阶段地表三维地移监测
	测缝法	钢卷尺、游标卡尺、伸缩计、测缝计、位移计等	人工自测方法简单直观, 资料可靠, 但精度较低, 速度慢, 资料需经其它方法校核后使用	人工自测方法适用于裂缝两侧岩土体张开、闭合、位错、升降等变化, 但受天气及地形的影响较大
地下变形	测斜法	钻孔倾斜仪、多点倒锤仪	精度高, 受外界干扰小, 资料可靠, 但测程有限, 成本高, 投入慢	主要适用于滑体变形初期, 测量钻孔、竖井内滑体不同深度的变形特征及滑带位置
	测缝法	多点位移计、井壁位移计、位错计、测缝计	精度较高, 成本高, 投入慢, 仪器易受到地下水的浸湿、侵蚀	适用于平硐、竖井裂缝的监测
	重锤法	重锤、坐标仪、水平位错计等	精度高, 机测直观可靠, 但受潮湿等影响	适用于平硐内水平剪切位移的监测
	沉降法	下沉仪、收敛仪、静力水准仪等		适用于平硐滑体相对于滑床的下沉变化以及裂缝沿轴向位移的监测

2 2 监测技术

在监测技术方面, 已由过去的手工操作向自动化、高精度的遥控监测系统发展。归纳起来, 主要有以下几种:

(1)地质观测法。通过地质巡视, 观测地表裂缝、地表鼓胀、沉降、坍塌、建筑物变形特征、地下水异变以及动物异常等现象。

(2)简易测量法。设置跨裂缝式简易测桩, 标尺和水泥砂浆带, 用卷尺、游标卡尺等直接测量裂缝的变化。

(3)仪器仪表测量法。主要有测缝法、测斜法、重锤法、沉降观测法, 应力应变观测法, 声波法等观测滑坡的变形位移, 应力应变以及地声变化等。

(4)遥测法。通过全球定位系统(GPS)以及卫星等监测滑坡的变形和位移。

2 3 测量仪器

根据监测内容, 监测仪器可分为:

测量位移的仪器: 位移计、伸长计、收敛计、水平位错计、三向测缝计以及附壁计等。

测量倾斜的仪器: 钻孔倾斜仪、SNCO 盘式倾

斜测量仪、T 型倾斜仪、杆式倾斜仪以及倒垂线等。

测量应力的仪器: 主要有压应力计和锚索锚杆测力计等。

测量环境的仪器: 主要有雨量计、地下水位自记仪、孔隙水压机、温度记录仪、河水位置测仪以及地震仪等。

3 滑坡监测及预报

根据滑坡发育的特点以及滑坡监测的目的, 滑坡监测系统可以分为^[3]:

3 1 简易观测系统

用于滑坡处理完毕之前且地表裂缝明显, 为了保障施工或行车安全, 需要进行简易观测, 一般采用排桩法: 从滑坡后缘稳定岩体开始, 等间距布置一系

列排桩(图 2), 则: 总位移: $L = \sum_{i=1}^n \Delta L_i$

水平总位移 $X = \sum_{i=1}^n \Delta L_i \cos \alpha_i$

垂直总位移 $y = \sum_{i=1}^n \Delta L_i \sin \alpha_i$

式中: L —— 相临两桩间的位移变化量; α —— 相临两桩连线的倾角。

另外还有三角桩观察法等。

3.2 精密观测系统

主要用于对重要工程有潜在威胁的滑坡的监测, 监测的内容包括:

3.2.1 滑坡位移的监测 对于各观测点的观测的时间间隔及次数, 视具体情况而定: 雨季滑坡滑动速度快, 观测次数就多。在干旱季节, 滑动速度慢时, 观测次数可少一些。

观测桩布置有三种类型(图2):

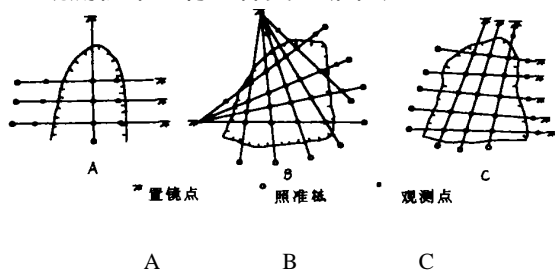


图2 观测网布置图

(1) 十字交叉网。适用于滑坡主轴明显, 范围不大的窄而长的滑坡, 主轴以外的各测点只能测高程变化和一个单向的位移值。

(2) 放射线法。用于地形平坦, 范围不大的滑坡。

(3) 任意方格法。适用于地形复杂的大型滑坡, 观测精度较高, 且受地形影响较小。

3.2.2 滑体深部位移观察 为了全面掌握滑坡的动态过程, 除地表位移的观测外, 还需要进行深部的位移观测, 目前主要采用的方法有:

(1) 深部观测桩。用钻孔打至或用试坑挖至滑移面以上所需观测的深度, 灌注观测桩, 通过桩的位移反映深部滑体的位移。

(2) 钻孔测斜仪。用钻孔打至滑移面上一定深度, 安装套管, 通过测斜仪测量的套管的变形, 反映深部滑体的位移。

3.2.3 滑坡预报 是以边坡变形破坏理论为依据,

以滑坡监测资料为信息, 预测滑坡的变形破坏阶段并作出短期、临滑预报, 为防治滑坡及减灾决策提供依据。

4 实例分析

4.1 某滑坡监测系统

该滑坡由于威胁长江下游一水库的安全, 因此建立了滑坡监测系统, 以大地形变测量、边坡监测、宏观地质观察为主, 以钻孔测斜仪、平硐监测为辅, 建立了监测预报系统。

(1) 大地形变测量。由11个固定点和17个形变点组成, 固定点埋设在滑坡外围稳定区, 形变点布设在滑坡上, 组成与滑坡主轴垂直的视准线。形变点的水平位移用光学经纬仪观测, 而垂直位移则由红外电子测距仪测定。

(2) 边坡监测。根据滑坡体变形特征, 布设了20个伸缩计探头, 对地表裂缝进行水平和垂直向位移监测; 对5个孔进行地下水位监测, 2个进行地温监测, 并在蠕动带布置了16个探头进行滑带的位移监测, 共同组成了边坡检查网络。

(3) 宏观地质观察。定期、定时的人工巡视和观察滑坡宏观变形迹象, 为定性分析滑坡提供依据。

此外还进行了钻孔测斜监测和平硐基线监测, 为分析滑坡深部变形提供数据。

4.2 监测资料分析

(1) 经过3年的大地形测量显示, 该滑坡上部稳定性差, 下部较好, 且在雨季变形加快, 说明该滑坡变形主要受大气降雨控制。

(2) 钻孔倾斜监测显示, 滑带处沿主轴方向有所移动, 表明滑体深部亦有变形活动。

(3) 宏观地质观察表明只在滑体浅表层发生土体滑动, 滑坡整体未发生明显滑移。

其它监测内容与上述监测资料吻合。

综上所述, 该滑坡目前处于蠕动变形阶段, 是实施防治工程的最佳时机, 应抓紧时间进行滑坡防治工程的施工。

参考文献:

- [1] 王尚庆, 等. 长江三峡滑坡监测预报[M]. 北京: 地质出版社, 1998.
- [2] 乔建平. 滑坡减灾理论与实践[M]. 北京: 科学出版社, 1997.
- [3] 蒋爵光. 铁路工程地质学[M]. 北京: 中国铁道出版社, 1991.