

# 典型滑坡的研究方法

乔建平, 赵宇, 陈永波

(中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所, 四川 成都 610041)

**摘要:** 对一个典型滑坡的研究可以通过勘察到观测, 由经验判断、GPS 地表和 DIP 地下观测、数据统计、仿真模拟组成综合研究系统。本文讨论了一个由古、老、新滑坡构成的典型滑坡研究方法。

**关键词:** 滑坡; 研究; 方法

**中图分类号:** P642.22

**文献标识码:** A

## 1 滑坡概况及研究原则

研究点位于四川省雅安陇西河峡口地区。该滑坡发生在一个复活滑坡体上。复活滑坡体由古滑坡、老滑坡及新滑坡组成(表 1)。滑坡区域的基岩由白垩系砂岩、泥岩组成。通过钻探和物探勘查, 基本掌握了滑坡的内部结构特征, 为分析滑坡的活动性提供了重要依据<sup>[1]</sup>。研究方法见图 1。

表 1 峡口滑坡特征

Table 1 Xiakou landslide feature

编号	滑坡性质	发生时间	体积( $\times 10^4 \text{m}^3$ )	稳定状态
1	古滑坡	时代不明	1000	目前稳定
2	老滑坡	1981 年 7 月	260	目前基本稳定
3	新滑坡	自 1995 年以来	80	$K=1.08$

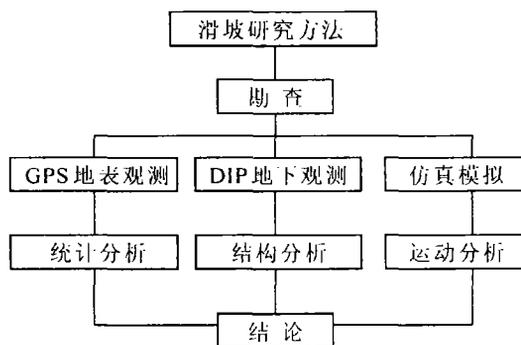


图 1 典型滑坡研究框图

Fig. 1 Studying flow chat of typical landslide

## 2 勘查

据钻孔资料介绍, 滑坡体的岩性单一, 均为紫红色粉土, 粘土夹碎石坡积物和紫红色砂岩、砂质泥岩、泥岩互层组成。地层结构不复杂, 有一定分选性。此套地层的特点是砂泥岩软硬相间, 差异风化, 软弱地层容易形成破坏带(图 2), 钻孔揭露基岩面上覆一层厚度不均的破碎带(图 3), 疑为古滑坡滑带, 潜在滑动带可能也位于此。

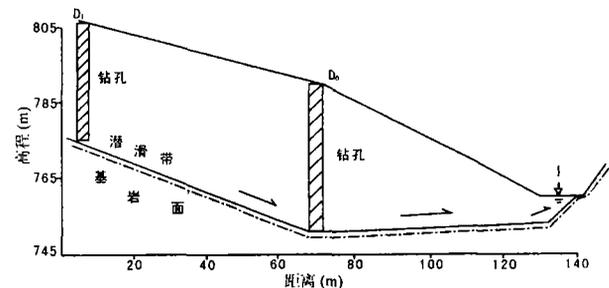


图 2 潜滑带分析图

Fig. 2 analytical chart of potential slipping belt

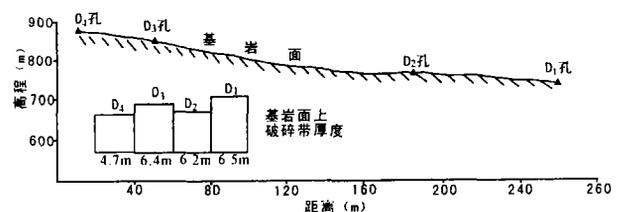


图 3 基岩面与破碎带对比图

Fig. 3 Contrastive map of basic rock and cracked belt

收稿日期(Received date):2002-03-10;改回日期(Accepted):2003-01-15。

基金项目(Foundation item):科学院创新项目(KJ CXZ-SW-L1-6)资助[Supported by The knowledge Project of Chinese Academy]

作者简介(Biography):乔建平:(1953-)男,研究员、副所长,主要从事滑坡危险性评价、滑坡机理、分布规律等的研究。[QIAO Jian-ping (1953-), male, Professor, Vice Director, work on the mechanism, distributing law and dozation of landslide.]

### 3 GPS变形观测

#### 3.1 观测位置

设立三维坐标系建立GPS观测系统(图4)。系统中  $dh$  为滑坡垂直位移观测方向;  $dy$  为滑坡水平位移观测方向;  $dx$  为滑坡位移扭动方位角, 观测点5个, 编号60, 41, 30, 20, 80。蠕变变形体以外4个, 编号10, 51, 50, 90。此外在滑坡范围以外1.3 km, 0.8 km处设立了2个固定观测参考点<sup>[2]</sup>。

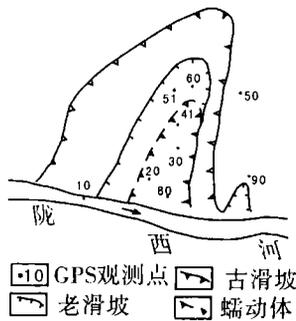


图4 GPS观测位置

Fig. 4 Observing location by GPS

#### 3.2 观测时序

采用瑞士 WJLD GPS300 空间定位仪连续 2a 观测, 时间序列为每月观测一次, 当中因故缺失 6 次, 共观测有效数据 18 次, 构成位移活动的时间序列。

#### 3.3 统计分析

以 1996-05-03 的观测数据为坐标原点, 以天数为自变量, 位移量为因变量, 建立回归模型

$$y = a + bx \quad (1)$$

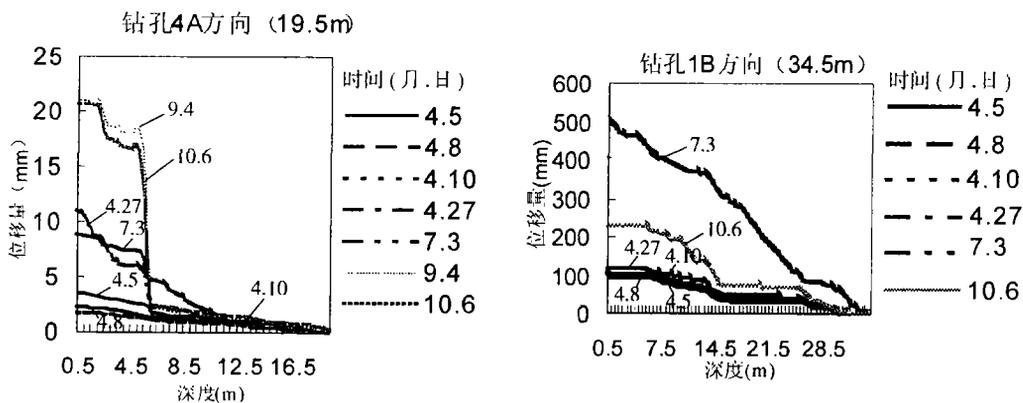


图6 观测数据分析图

Fig.6 Analytical map of observing data

经一元回归统计, 其中对滑坡方向  $dy$  的统计结果作趋势预测, 得出各观测点的相关性(表2, 图5)。

表2 观测数据相关表

Table 2 Observing correlative data

序号	观测点	相关系数(R)	观测点位置
1	10	0.9343	滑体外
2	20	0.9458	滑体内
3	30	0.9439	滑体内
4	41	0.9356	滑体内
5	50	0.8936	滑体外
6	51	0.9540	滑体内
7	60	0.9542	滑体内
8	80	0.7048	滑体内
9	90	0.6832	滑体外

1) 观测统计说明, 除个别观测点外(80号), 滑坡具有整体变形趋势。

### 4 地下观测

在滑坡体前后两端设立观测孔位(图5), 采用美国 DIP 钻孔倾斜仪观测滑坡体内变形状态。观测结果, 钻孔  $D_4$  可能存在一处滑动带, 位于 6.5m 处。  $D_1$  可能存在一处滑动带, 位于 30.5m 处(图6)。

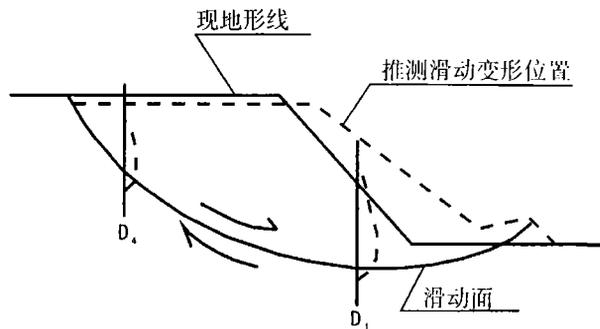


图5 倾斜仪观测位置示意

Fig.5 Clinometers observing location

## 5 动态仿真模拟

在假设条件下,滑坡滑动过程由4个因素控制:

- ①滑坡的初始动态;
- ②滑坡最终动态;
- ③滑坡体积不变;
- ④滑动地形不变。按照这些基本要素制作滑坡

的中间形态600帧,利用3DMAX的动画制作功能,对三维实体的滑坡滑动过程进行动态显示。仿真模拟滑坡动态过程分为3个阶段:①启动阶段;②滑动阶段;③堆积阶段(图7)。在计算机显示了滑坡的全部动态变化过程。

根据对滑坡最终堆积形态测算,进入河床的滑坡物质可达 $24.15 \times 10^4 \text{m}^3$ ,筑成堆积坝最高点23m,完全堵断河流,测算滑坡重心位移超过100m。

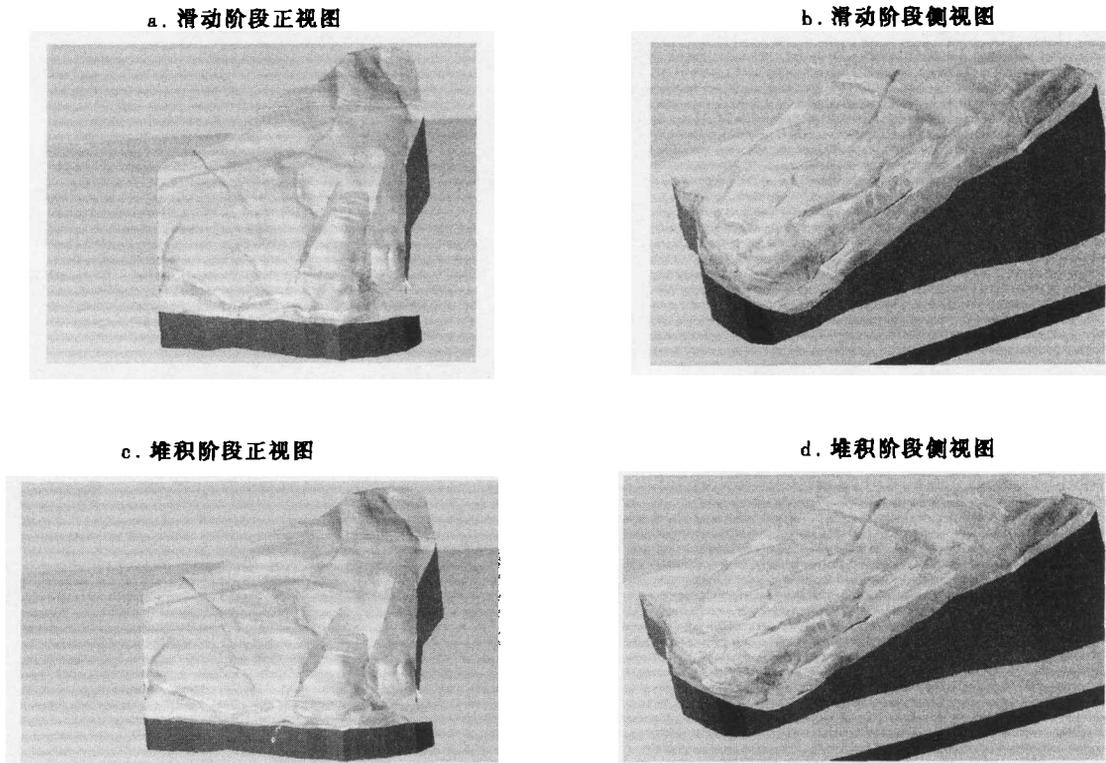


图7 滑坡动态过程模拟

Fig.7 Simulated dynamic process of landslide

在极限平衡状态下,剪应力于等于抗剪力

$$\tau_1 = C_n L_1 \quad (2)$$

式中  $C_n$  表示抗剪峰值强度;  $L_1$  为主滑段长度。一旦斜坡由于抗剪强度在水体作用下迅速降低到残余值  $C_0$ , 滑坡启动, 此时产生不平衡剪应力

$$F = \tau_1 - C_0 L \quad (3)$$

而加速度

$$\alpha = \frac{(C_n - C_0)L}{W} g \quad (4)$$

最大滑速

$$V_{\max} = \sqrt{2g \frac{(C_n - C_0)LS}{w}} \quad (5)$$

动态模拟滑坡重心离对岸陡崖坡脚距离  $S$  约

为150 m, 则

$$V_{\max} = 5.0 (\text{m/s})$$

如果滑坡在大量水体作用下启动, 可以达到快速滑动。

### 参考文献(References):

- [1] Qiao Jianping. Result analysis of landslide distortion by GIS. *Journal of Soil and Water Conservation*. 2002, 14(1): 54~58. [乔建平. 应用GPS观测滑坡变形的结果分析[J]. 水土保持学报, 2002, 14(1): 54~58]
- [2] Yin Qunlong. Progress of landslide researches in the world. *Hydrogeology and Engineering Geology*. 2000, (5): 1~3 [殷坤龙. 国际滑坡研究的新进展[J]. 水文地质工程地质, 2000, (5): 1~3]

## Studying Method of Typical Landslide

QIAO Jian-ping, ZHAO Yu, and CHEN Yong-bo

(*Institute of Mountain Hazards and environment, CAS Chengdu 610041 China*)

**Abstract:** Studying one typical landslide we can use synthetically studying system that include experiential judge, GPS upper and DIP underground observation, data statistics, emulation mode and so on. The paper discusses studying method of typical landslide as one religious landslide, which formed by old-aged and new-aged landslide the example.

**Key words:** landslide; research; method