

测斜技术在滑坡研究中的应用

梅其岳¹, 吴世明²

(1. 华东勘测设计研究院, 浙江 杭州 310014; 2. 同济大学, 上海 200092)

摘 要: 采用测斜技术, 观测和分析天荒坪大溪滑坡体的位移发展规律, 并与稳定性计算相结合, 揭示滑动后残余边坡体的工作状态, 为滑坡体研究和治理提供依据。

关键词: 测斜技术; 位移发展; 滑坡治理; 天荒坪电站

中图分类号: TU457

文献标识码: A

文章编号: 1001-7119(2001)01-0047-05

0 引言

1996年3月29日天荒坪抽水蓄能电站下水库发生大溪滑坡, 总方量约30.6万 m^3 , 其中约20.6万 m^3 散体土石滑入河床, 堵塞河道, 约10万 m^3 堆积在坡脚。滑面平面投影呈140 m \times 260 m长舌状, 后缘至高程EL490 m, 最大垂直厚度达30 m。残余边坡体开裂范围更大, 后缘裂缝最大高程在EL620 m。

此次滑坡的发生, 正值电站施工高峰期。滑塌体堆积于河床, 影响防洪和施工通道, 从而影响工程进度和威胁工程安全。该滑坡体规模大、情况复杂。为了边坡体的整治, 现场做了大量的地勘工作, 采用地质勘查、物探、地面监测、地下钻孔测斜仪及渗透计观测等多种手段, 为边坡体研究和整治提供了丰富的第一手工程实测资料。特别是地下钻孔测斜技术的应用, 对于观测和研究边坡体运动发展规律起了重要的作用。通过对实测资料的分析研究, 并结合边坡体稳定性计算, 为滑坡体整治提供了设计依据。

1 地质条件

滑坡区位于左库岸狭谷段锥形山体的中下部。岸坡高陡, 植被发育, 坡积、崩积层厚4.70~8.10 m, 其下部为风化卸荷破碎岩体。基岩岩性为含砾凝灰质粉砂岩及含砾流纹质熔凝灰岩, II~IV级结构面发育。滑坡区主要断层有f286、f404、f613、f627等。该区域由于岩体破碎, 覆盖层厚, 在1992年11月至1993年3月间, 原大溪公路隧道在进口段开挖施工中, 曾先后发生过三次不同方量(分别为1800 m^3 、4000 m^3 及15000 m^3)的塌滑, 塌顶高程渐次增高, EL390 m \rightarrow EL415 m \rightarrow EL466 m, 边坡整体稳定性不断降低, 加之开挖边坡陡, 又遭遇大而集中的降雨降

收稿日期: 1999-09-28; 修订日期: 2000-06-12

作者简介: 梅其岳, 男, 1965年生, 浙江三门人, 博士, 高级工程师, 从事水电工程设计及岩土工程研究。

雪,土石饱和,遂产生顺结构面滑动^[1]。

本区域内岩石破碎,透水性强,地下水埋藏较深,表1中列出渗压计观测的地下水位情况。

表1 渗压计及测斜管的埋设资料

钻孔号	孔口高程 /m	测斜管 埋深/m	导槽方向 A ₀ B ₀	渗压计埋深 /高程/m	原地下水位 埋深/高程/m	现水位埋深 /高程/m	埋设日期 年-月-日
ZK413	555.11	40.00	N86°E S4°E	未埋	24.72/530.39	干孔	1996-11-25
ZK414	566.47	62.00	N80°E N10°W	未埋	50.50/515.97	54.00/512.47	1996-06-15
ZK416'	ZK416	54.80	N60°E S30°E	未埋	干孔	55.00/481.16	1996-12-25
ZK420'	500.84	37.20	S76°E S14°W	38.00/462.84	—	干孔	1996-11-20
ZK422'	ZK422			24.00/377.92	14.22/387.70	干孔	1996-11-15
ZK423'	445.99	—	—	50.00/395.38	32.00/413.38	干孔	1996-11-10
ZK426	576.46	59.50	N70°E S20°E	60.00/516.46	37.30/539.16	49.63/526.83	1996-12-20
ZK431	459.34	29.30	S80°E S10°W	30.00/429.34	63.00/396.34	干孔	1996-11-16
ZK434	542.07	36.00	N40°E S50°E	39.70/500.30	23.60/516.40	干孔	1996-12-05

注:①ZKxxx'表示渗压计孔埋设在测斜孔旁;②测斜孔的A₀导槽方向为预计滑移方向;③渗压计测读日期为1997-01-25。

2 边坡体位移发展规律

2.1 测斜仪埋设和观测

测斜孔埋设情况见表1。仪器采用航天工业部303所研制的CX-01型和美国生产的SINCO两种施测测斜仪。每孔A₀、B₀导槽方向每0.50 m各测量一次,经处理绘成曲线,见图1~图3。A方向为预计滑移方向,所选曲线仅是代表性的曲线。

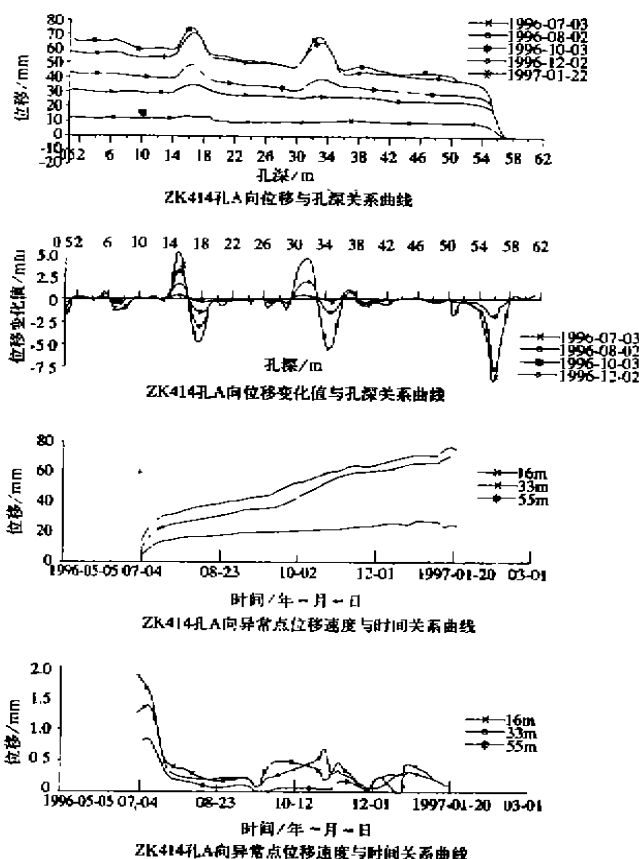
2.2 观测曲线分析

通过对各测斜孔的观测曲线进行分析,可以揭示边坡体的位移发展规律。

图1看出,ZK414孔之A向,在孔深55~56 m有极明显的突变区段,变化值逐次增大,最大变化值达9.31 mm,累计位移量32.64 mm,表明该孔深处可能存在变形界面,地质情况是孔深51.00~59.50 m为壤土夹碎石、砾石、砂,两者相吻合。

孔深16.0 m和32.0 m有两个异常区段,这两段孔深处岩性是壤土夹碎石、砾石,孔深与位移曲线反映出位移量逐次增大。

图2可见,ZK426孔之A向在孔深6~



初值时间 1996-10-28
图1 ZK414 实测曲线

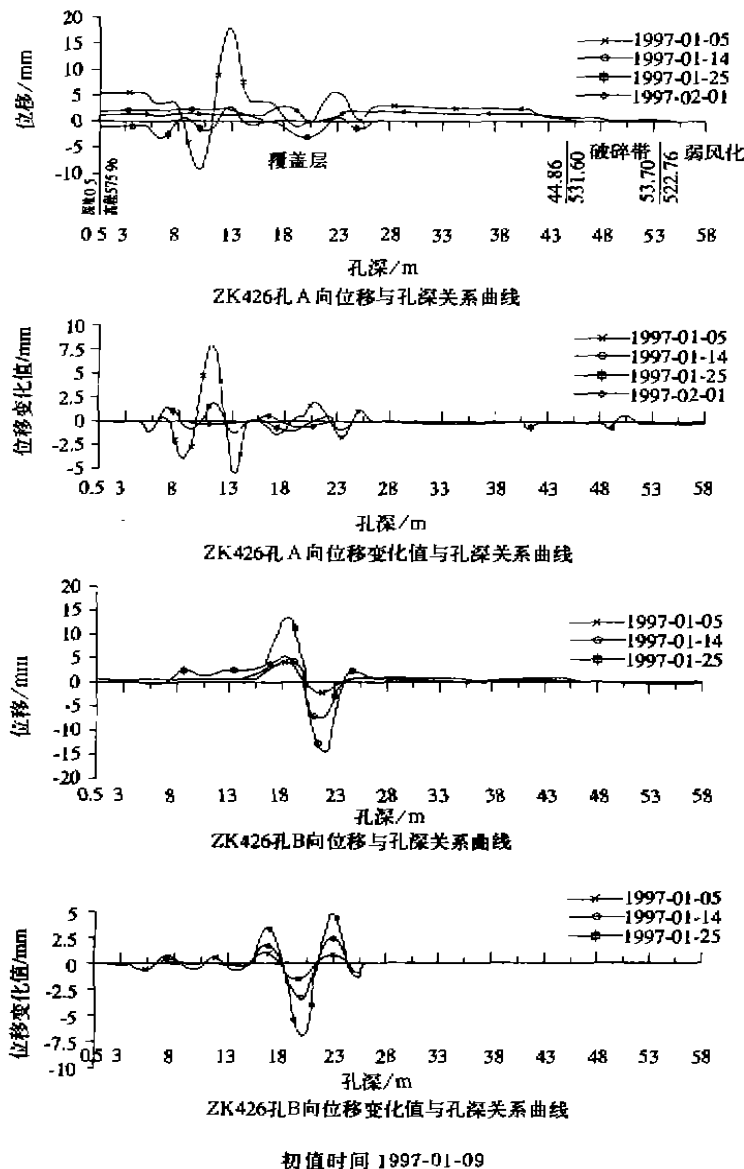


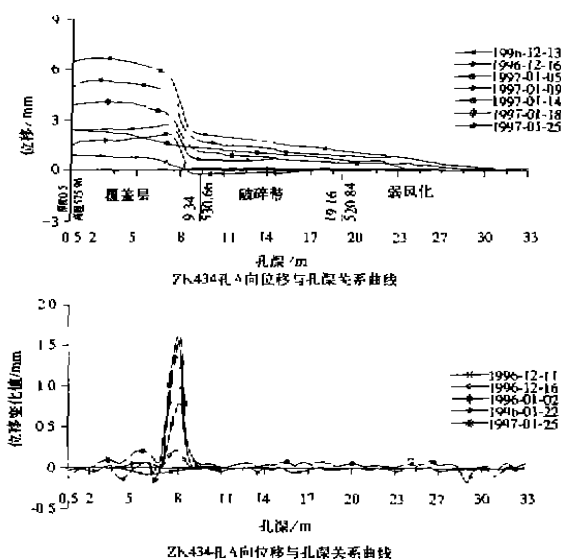
图2 ZK426 实测曲线

26 m 段、B 向在孔深 15.5~26.0 m 段位移—孔深曲线呈“N”形,位移变化值—孔深曲线呈“M”形,说明该孔深段存在变形,且方向摆动,其它孔段无异常反映。

图 3 显示,ZK434 孔之 A 向,孔深 8 m 处有极明显的突变区段,在位移变化值—孔深曲线中位移变化值逐次明显增大,累计位移量亦逐次增加,向坡外位移,但位移速度小,约 0.1 mm/d。

2.3 位移发展规律

EL520 m 公路以上的各测斜孔变形曲线在不同深度都具有一定的突变区段,一般深度在 32.5 m 以上,而 ZK414 的变形界面深达 55.0~56.0 m。滑塌体上游地段的测斜孔,在孔深



初值时间 1996-12-09
图 3 ZK434 实测曲线

10.0~17.0 m 的上部具有一定的变形量。地面观测和测斜孔观测位移汇总见表 2。所有这些水平和垂直向的监测结果都说明边坡体在不同部位均有变形,属蠕变状态。

表 2 地面观测和测斜孔观测位移汇总

孔号	高程/m	地 面 位 移		地 下 位 移	
		累计平面位移/mm	观测时段/年-月-日	累计位移/孔深/mm	观测时段/年-月-日
ZK414	566.47	12.0	1996-12-06~1997-01-31	23.8/55.0	1996-12-06~1997-01-22
ZK426	576.46	16.8	1996-12-06~1997-02-10	7.0/18.5	1997-01-01~1997-02-10
ZK434	540.00	7.9	1996-12-06~1997-01-27	5.5/8.5	1996-12-20~1997-01-25

3 边坡体的稳定计算分析

3.1 参数选用

根据地质勘测及相关试验,计算采用的抗剪强度指标如下:

风化卸荷破碎岩体: $f=0.45\sim0.55$, $c=0.07\sim0.20$ MPa.

松散体、软弱夹层:崩积、坡积层 $f=0.45\sim0.55$, $c=0.05$ MPa;软塑状粘土夹层 $f=0.20$, $c=0$ MPa.

3.2 计算结果及分析

稳定分析^[2]和剩余推力计算均采用传递系数法.计算中计及自重和地下水渗透压力.允许稳定安全系数:施工期取 $K=1.05$;运行期取 $K=1.25$.

(1)处理前的边坡体:计及天然状态地下水时,稳定安全系数 K 最小为 1.00,处于临界稳

定状态. 稳定安全系数 K 向上、下游逐渐增大, 到下游侧 6—6 剖面达 1.33, 至上游侧 4—4 剖面达 1.07. 计算成果符合工程地质所描述的边界条件和观测资料所反映的变形动态, 即未处理的边坡体处于蠕变的可能失稳状态. 而不计地下水时, 各横剖面的安全系数有明显提高, 这表明地下水对边坡的稳定性是敏感的, 因此有效的排水措施是提高边坡稳定性的重要手段.

(2) 开挖减载后的边坡体: 按设计作 93.1 万 m^3 开挖减载后, ①正常情况: 排水有效, 稳定安全系数(按面积加权平均, 下同) $K=1.27$. ②非常情况: 排水完全失效(恢复至天然地下水位), $K=1.17$; 排水 1/2 失效(恢复至 1/2 天然地下水位), $K=1.24$. 可见, 经开挖减载后, 即使排水完全失效, 各剖面的 K 值均大于 1.10, 一般不会失稳.

4 结 论

1) 滑坡后的残余边坡体是不稳定的, 处于蠕变状态. 测斜结果的实际位移发展及位移速度证明了这一点; 稳定计算 $K=1.00$, 也得出是处于临界状态.

2) 测斜结果分析表明, 相对滑动(或滑动趋势)的界面与地质界面及稳定计算得出的底滑面是吻合的.

3) 位移观测及计算分析的结果均表明, 降雨及地下水位对边坡体的位移发展极为敏感, 对边坡稳定性影响明显.

4) 位移量及位移速度可通过测斜仪测得实际数据, 而理论尚无法计算. 反之, 边坡稳定安全系数, 只能由计算得出, 实际无法量测. 但这两者存在着内在联系, 并可相互印证和补充. 从而更好地判别边坡实际工作状态.

5) 在边坡体的实际整治中, 实施了排水、削坡减载及锚索支护等综合工程措施, 以达到永久稳定要求.

参考文献:

- [1] Hoek E, Bray G W. 岩石边坡工程[M]. 卢世宗, 李成村, 夏继祥等译. 北京: 冶金工业出版社, 1981.
- [2] 中科院武汉岩土力学研究所. 岩质边坡稳定性的试验研究与计算方法[M]. 北京: 科学出版社, 1981.

Application of Battering Methods in Research on Slope-sliding

MEI Qi-yue¹, WU Shi-ming²

(1. East China Investigation and Design Institute, Hangzhou 310014, China;

2. Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: The battering methods were used for observing and analyzing the development regularity of the slope-sliding deformation in Tianhuangping Project. The working state of the residual slope after sliding would be revealed by combining battering observation with calculating results of slope stability, thus assisting research and remedial treatment of the slope-sliding.

Key words: battering methods; development of displacement; slope-sliding treatment; Tianhuangping Project