

三峡库区典型滑坡监测及治理措施研究

胡本涛¹, 季伟峰², 李长明², 吴 飞¹

(1. 成都理工大学 环境与土木工程学院, 成都 610059; 2. 中国地质科学院探矿工艺研究所, 成都 610081)

摘 要: 根据三峡库区典型滑坡火石滩滑坡的结构及变形特征, 分析滑坡形成的原因。对该滑坡进行大地形变监测、地下水位监测、滑体深部位移监测和宏观监测; 依据监测资料并考虑到未来三峡水库蓄水, 认为火石滩滑坡目前处于潜在不稳定状态。滑坡体在饱水及水库蓄水后, 将处于临界蠕滑或失稳状态。结合滑坡体实际对滑坡防治进行初步研究, 建议采用回填压脚支挡为主、辅以排水的综合治理措施。

关键词: 典型滑坡; 监测; 治理措施; 三峡库区

中图分类号: P642. 22

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2007) 02-0243-03

The Monitoring and Control of Typical Landslide in Three Gorges Reservoir Area

HU Ben-tao¹, JI Wei-feng², LI Chang-ming², WU Fei¹

(1. The College of Environmental and Civil Engineering, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059;

2. The Insititute of Exploration Technology of CAGS, Chengdu 610081, China)

Abstract: Based on the structure and deformation characteristics of the Huoshitan landslide, the causes of landslide formation were analyzed. The monitoring to earth transmutation, ground water line, deep slide mass displacement and macroscopic state have actualized for Huoshitan landslide. According to the monitoring data and taking the impoundment of Three Gorges reservoir into account, the Huoshitan landslide was under unstable state. The landslide is in critical creeping motion or at the unsteady state after impoundment of reservoir. Considering the practical situation and the study of treatment for against slope, the backfill toe weight and drainage system are adopted to keep the slide mass stable.

Key words: typical landslide; landslide monitoring; prophylaxis and treatment measure; Three Gorges Reservoir

三峡库区是我国地质灾害的多发区和重灾区。三峡大坝的兴建和百万移民工程, 在一定程度上改变了原有地质环境的脆弱平衡状态, 加剧了地质灾害的发生。随着三峡工程建设的不断推进, 库区地质灾害对三峡工程和库区人民生命财产安全的影响日益增加, 及时有效地防治库区地质灾害已刻不容缓。

根据实地监测并选取三峡库区火石滩滑坡为典型滑坡进行工程治理措施研究。

1 滑坡概况

1.1 滑坡体的空间形态

火石滩滑坡位于三峡库区长江支流梅溪河左岸斜坡上, 距梅溪河流入长江的入口 7.6 km。滑坡体形态保持较完整, 主滑体两侧均有冲沟围切, 前缘临梅溪河一侧因三峡水库蓄水已淹没于水下, 滑坡区发育有多级缓坡平台。该滑坡平面形态呈圆椅形。前缘分布高程 110 m, 后缘高程 280 m, 前后缘相对高差 170 m。纵长约 450 m, 横宽 350~450 m, 滑体厚 30 m, 面积 $19.2 \times 10^4 \text{ m}^2$, 体积 $576 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

1.2 自然地理及地层岩性

滑坡区处于中纬度亚热带暖湿东南季风气候区, 气候温和湿润、雨量充沛、四季分明。多年平均降雨量 1 147.19

mm, 年最大降雨量 1 636.13 mm, 月最大降雨量 548.14 mm, 降雨集中于 5~9 月, 约占全年降雨量 70%, 每年夏季多大雨、暴雨。滑坡区属中低山丘陵地区, 滑坡从前缘至后缘, 坡面上发育有多级缓坡平台。

滑坡发育于三叠系巴东组的灰岩、泥灰岩、泥岩中, 滑体物质主要为泥灰岩及泥岩, 岩石比较破碎, 滑体表面多为松散土层, 下部碎块石土结构密实。

1.3 滑坡成因分析

火石滩滑坡是在特定的自然地质环境条件下经过漫长复杂的发展演变过程形成的。次级滑体中的新变形裂缝, 是因有老滑坡基础、较陡的地形、松软的土层、以及降雨等因素综合作用的结果。通过分析认为影响火石滩滑坡稳定性的诱发因素如下:

(1) 气象水文。该地区降雨充沛, 尤其集中在 5~9 月, 且多为高强度暴雨, 最大日降雨量 106.7 mm(1979 年 7 月)。暴雨除对滑坡表面土体造成冲刷外, 雨水渗入裂隙及潜在滑面, 将导致滑面软化, 力学性质降低, 并可能由于相对隔水层而导致水体滞留, 形成高压水动力, 从而导致滑坡体变形加剧。

(2) 三峡水库蓄水及水位变动。三峡水库蓄水后, 汛期防洪限制水位为 145 m; 非汛期正常水位在 145~175 m 之

* 收稿日期: 2006-09-19

作者简介: 胡本涛(1978-), 男, 在读硕士研究生, 助理工程师, 研究方向为岩土钻掘, 现主要从事地质灾害监测和防治工程设计研究工作。

间变化,, 最高水位 175 m, 水位变幅 30 m。水库水位抬高的重要水环境影响是造成库水补给地下水, 并使地下水水位上升。在水位大幅度涨落的条件下, 岸坡部分岩土体周期性处于疏干和饱水交替的状态, 地下水时而受库水补给, 时而排出, 地下水位也作相应涨落。库水位和地下水位的抬升及周期性涨落, 将大大改变岸坡的应力平衡状态, 岸坡破坏向后扩展, 将对整个滑坡的稳定性产生重大的影响。

蓄水至 175 m 后, 将淹没滑坡体前缘, 导致前缘土体滑塌入江。前部阻碍将不复存在, 滑体在水的浸泡下软化, 力学性质降低, 黏聚力及摩擦系数减小, 滑坡体将进一步滑移。因此对该滑坡进行地质灾害综合监测, 并及时采取防治措施, 显得尤为重要。

2 滑坡的监测及数据成果分析

根据三峡库区地质灾害监测预警工程设计, 确定该滑坡的监测内容为大地形变监测、地下水位监测、滑体深部位移监测和宏观监测。监测平面图见图 1。

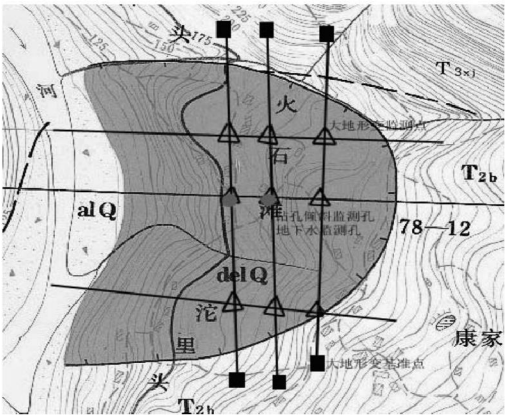


图 1 火石滩滑体监测预警平面布置图

2.1 大地形变监测——GPS 监测

采用美国天宝(Trimble)大地型 GPS 信号接收机, GPS 监测每月观测一次, 特殊情况下加密监测。GPS 测量精度: 5 mm+ 1/1 000 000。基准点应选在滑坡外围岩体稳定处。

火石滩滑坡大地形变监测包括 2 个 GPS 监测基准点和 12 个 GPS 监测点, 其中 130 号基准点由于开山修路被岩石砸毁, 128 号监测点由于对中盘被破坏无法采集数据。数据解算采用 TGO 软件, 利用 129 号基准点进行单点固定解算。监测点坐标成果见表 1, 地表位移曲线图见图 2、3。

由所采集的监测数据及地表位移曲线图来看, 高程变化范围在 174~ 247 m 之间时, 位移矢量 $\Delta F'$ 变化范围在 3~ 23.26 mm 之间, 表明火石滩滑坡变形量一直呈现增大趋势, 滑坡处于潜在不稳定状态, 滑坡体在水库蓄水后, 将处于临界蠕滑或失稳状态。

2.2 地下水位监测

依据实地实时地下水位动态监测数据形成时间—水位曲线图, 见图 4、5。

比较分析所采集的火石滩滑坡地下水位动态监测数据得知, 图 4 中雨季地下水位在 156~ 178 m 之间变化, 峰值出现在 5~ 9 月, 最高为 178 m, 属于正常变化情况。主要原因在于滑坡区降雨集中于 5~ 9 月, 约占全年降雨量 70%, 每年夏季多大雨、暴雨, 月最大降雨量 548.14 mm; 夏季大雨、

暴雨造成库区水位大幅上涨, 地下水位也随之变化。而枯水期地下水位在 156~ 160 m 之间变化, 亦处于正常变化范围内。表明火石滩滑坡的 2 个地下水位钻孔水位未发现明显变化, 地下水位基本稳定。

表 1 火石滩滑坡监测点坐标成果表

点号	北坐标	东坐标	高程	$\Delta X/mm$	$\Delta Y/mm$	$\Delta F/mm$	$\Delta F'/mm$	备注
129	344 1966.921	356830.868	239.682	—	—	—	—	基准点
130	—	—	—	—	—	—	—	被破坏
126	344 1308.819	356656.899	225.473	- 3.0	- 2.0	3.61	22.85	
127	344 1268.126	356533.594	195.174	- 1.0	2.0	2.24	14.21	
128	—	—	—	—	—	—	—	被破坏
131	344 1854.995	356688.893	175.426	1.0	1.0	1.41	23.26	
132	344 1822.587	356709.624	182.055	- 2.0	1.0	2.24	8.54	
133	344 1730.509	356768.973	211.942	- 3.0	- 2.0	3.61	5.66	
134	344 1616.075	356888.584	246.362	1.0	1.0	1.41	4.12	
135	344 1643.684	356654.226	174.256	1.0	1.0	1.41	10.77	
136	344 1673.257	356754.387	214.236	- 2.0	- 1.0	2.24	3.00	
137	344 1496.543	356606.554	180.523	2.0	3.0	3.61	10.00	
138	344 1501.314	356708.451	205.213	2.0	3.0	3.61	10.44	
139	344 1463.185	356854.653	246.011	- 1.0	2.0	2.24	17.69	

2.3 滑体深部位移监测

依据测斜仪实地实时监测数据形成滑坡上钻孔深部位移的孔深—位移量曲线图见图 6、7。

依据线性回归理论比较分析采集的火石滩滑坡 A 向、B 向深部位移量监测数据得知, 深部位移量变化线性稳定。火石滩滑坡的 2 个深部位移钻孔位移量未发现明显异动, 滑坡体暂时处于相对稳定状态。

2.4 宏观监测

采用常规地质调查法, 定期对崩滑体出现的宏观变形痕迹(如裂缝发生及发展、地沉降、下陷、坍塌、膨胀、隆起、建筑物变形等)和与变形有关的异常现象(如地声、地下水异常、动物异常等)进行调查记录。雨季、汛期每 10 d 1 次, 非雨季、汛期每月 1 次, 特殊情况加密监测。宏观地质调查未发现火石滩滑坡出现明显的新的变形迹象。

3 滑坡治理措施研究

滑坡治理措施的选择应结合滑坡基本地质特征, 分析滑坡的发生与发展的主要原因, 广泛吸取其他工程的实践经验, 从实际出发选取适当的工程治理措施。

依据该滑坡的大地形变监测、地下水位监测、滑体深部位移监测和宏观监测资料结合工程地质分析理论认为, 火石滩滑坡目前处于潜在不稳定状态。三峡水库蓄水并正常运行以后, 坡体大部分地段将处于临界蠕滑或失稳状态。因此, 应采取措施防止灾害发生。

针对以上的分析研究, 并综合考虑治理措施的安全性、经济性、合理性, 对火石滩滑坡的防治可从以下几个方面来进行。

3.1 回填压脚支挡

在滑坡前缘回填压脚, 可以增大阻滑力, 减小滑体前缘的临空面, 提高滑坡稳定性。滑坡平面呈扇形。从地形地质条件看, 已具备回填放坡的条件。在火石滩滑坡前缘采用碾压土石体回填, 回填压脚不仅有利于滑坡整体稳定, 而且有利于沿江公路外侧坡体的自然稳定。

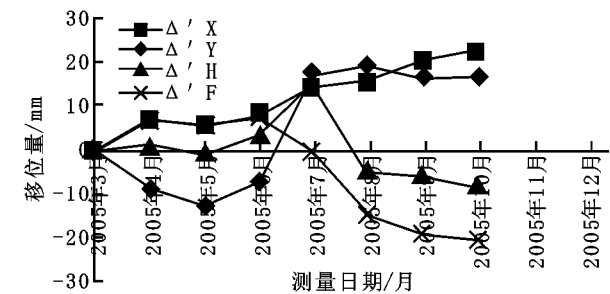


图 2 126# 地表位移曲线

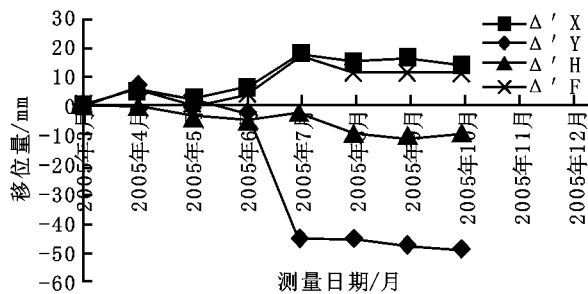


图 3 131# 地表位移曲线

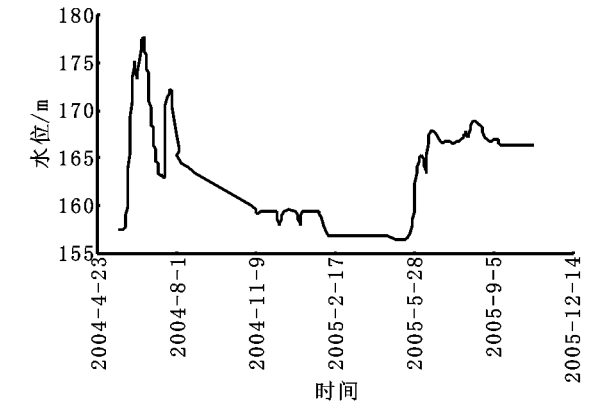


图 4 地下水时间- 水位曲线图

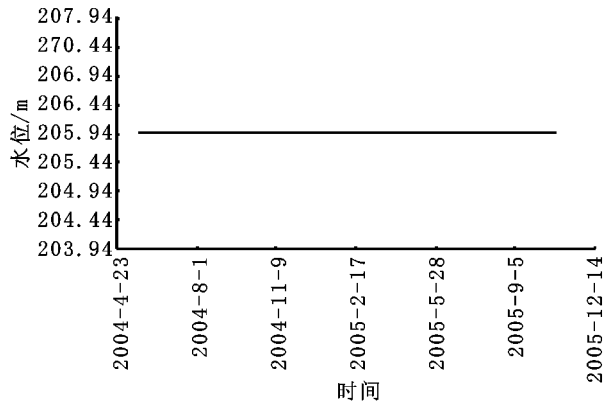


图 5 地下水时间- 水位曲线图

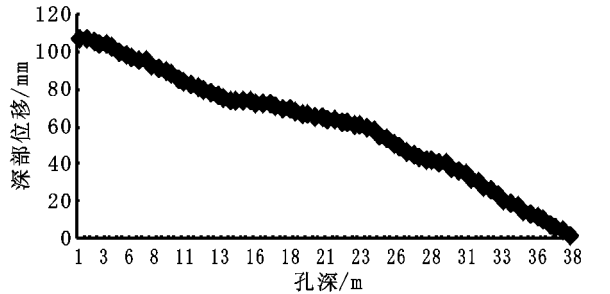


图 6 火石滩 A 向孔深- 位移量曲线图

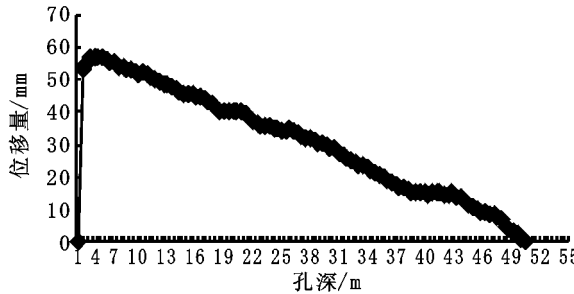


图 7 火石滩 B 向孔深- 位移量曲线图

3.2 护 坡

水库蓄水运行后,库水的浪蚀和洪水的冲刷作用将十分强烈,影响滑坡的前缘稳定,甚至会威胁到滑坡的整体稳定。因此,应在次级滑体前缘临江一侧抛石、铺石笼,在三峡工程库水位变幅带(高程 145~ 175 m)采用干砌石等护坡,以起到消能、减轻水流波浪对坡体的冲刷与淘蚀作用。

3.3 排 水

(1) 地表排水。火石滩滑坡两侧以冲沟为界,天然排水条件较好。同时,沿江公路通过滑体,滑坡体上大气降水主要由冲沟和道路排汇至梅溪河。对滑坡中现有纵横的明、暗排水沟进行浆砌、补漏防渗;在次级滑体后缘设置环形截水沟,并在其东侧设置排水沟;次级滑体内修建树状排水系统,布置排水主沟应与滑坡方向一致;在主滑体后缘设置截水沟,将水引入滑坡两侧冲沟,排入梅溪河。

参考文献:

[1] 张倬元,王士天,王兰生,工程地质分析原理(第二版)[M].北京:地质出版社,1994.
[2] 刘传正,李铁峰,邹正盛,等.三峡库区白衣庵滑坡地质研究[J].工程地质学报,2003,11(1):3-9.
[3] 王思敬,马凤山,杜永廉,水库地区的水岩作用及其地质环境影响[J].工程地质学,1996,4(3):1-9.
[4] 张咸恭,王思敬,张倬元,等.中国工程地质学[M].北京:科学出版社,2000.
[5] 肖学沛,李天斌,张志龙,三峡水库区严家坡滑坡成因分析及稳定性评价[J].中国地质灾害与防治学报,2005,16(1):39-43.

(2) 地下排水。地下排水适用于地下水位较高、地下水位对稳定性影响较大的边坡,采取拦截、疏导、降低水位或引排等措施排水。在三峡水库蓄水后库水位快速降落时,滑体内部的地下水位降落缓慢,致使渗透压力增大,滑坡稳定性降低。可在 175 m 至 145 m 范围的适当高程设置排水洞及垂直或斜向排水孔等,以排除滑体内的地下水,以降低地下水的渗透力作用,保证滑坡的稳定性。

以上防治措施各有特点,应根据实际情况进行选择。

4 结 论

综上所述,从滑坡工程地质条件与常用工程措施的适宜性考虑,同时综合考虑治理措施的安全性、经济性、合理性,火石滩滑坡治理宜采用回填压脚支挡为主、辅以排水的综合治理措施。