

三峡库区石包嘴滑坡形成机理及治理措施

史文兵^{1,2}, 辛全才¹, 张志彬²

(1. 西北农林科技大学 水利与建筑工程学院, 陕西 杨陵 712100; 2. 重庆南江水文地质工程地质队, 重庆 401147)

摘 要:重庆市万州区石包嘴滑坡是内外因共同作用的结果, 其中水是诱发滑坡的主要外因; 针对滑坡所处位置的特殊性, 对其进行稳定性分析, 采取多种治理措施, 确保处于三峡库区的滑坡体稳定, 对治理该类型的库岸滑坡很有意义。

关键词:石包嘴; 滑坡; 机理; 措施

中图分类号: P642. 22

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2006)05-0225-02

Causes of Shibaozui Landslide in Three Gorges Reservoir Area and Its Treatment Measures

SHI Wen-bing^{1,2}, XIN Quan-cai¹, ZHANG Zhi-bin²

(1. College of Water Resource and Architectural Engineering, Northwest

Scitech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. Nanjiang Hydrological & Engineering Geology Company, Chongqing 401147, China)

Abstract: The Shibaozui landslide is a result which affected by the internal and external factors together, located in Wanzhou district of Chongqing City, water is the main external factor that induces the landslide; in terms of the particularity of location of the landslide, the stable analysis is carried out and many measures of treatment are taken, which guarantee the stability of the landslide in Three Gorges Reservoir. It has great significance.

Key words: Shibaozui; landslide; mechanism; measures

石包嘴滑坡位于重庆市万州区北部边缘的新旧城区结合部, 多次发生不同程度的变形破坏。受暴雨尤其是三峡水库蓄水的影响, 滑坡体的稳定性降低, 可能发生局部甚至整体失稳, 将给该区的移民迁建、城区功能恢复、万开公路建设和人民群众的正常生活带来严重影响, 危及人民的生命财产安全, 必须采取措施控制其稳定。

1 自然和地质环境条件

1.1 位置与交通

石包嘴滑坡体位于万州主城区北部边缘, 新旧城区的结合部。滑坡体背靠北山, 前抵芭溪河支流纸房溪, 西与兴茂花园隔溪相望, 南以建设中的石宝大桥为界, 北以土产公司为界, 滑坡区内有万开公路横贯。

1.2 地形地貌

滑坡区位于芭溪河支流纸房溪东岸坡上, 地貌上属中低切割红层丘陵河谷岸坡地貌, 地形东高西低。滑坡堆积体地形呈台阶状, 以万开路、公路西侧即滑坡前缘为第一级台阶, 地面坡度变化较大, $5 \sim 25^\circ$, 局部大于 25° 。公路东侧即滑坡中后部为二级台阶, 坡角度 $5 \sim 25^\circ$, 滑坡体后缘地形比较陡, 地面坡度 $25 \sim 30^\circ$ 。

1.3 气象水文

滑坡区属亚热带季风气候区, 气候温暖潮湿, 四季分明, 雨量充沛。多年平均气温 18.1°C , 多年平均降水量 $1\,181.2\text{ mm}$, 历年最大降水量 $1\,635.2\text{ mm}$, 降水量多集中在 $5 \sim 9$

月。长江位于滑坡体南东面, 距离滑坡区约 1.2 km , 其支流芭溪河的次级支流纸房溪从滑坡区前缘一带通过, 芭溪河具常年性水流。芭溪河在滑坡区附近河段的最高洪水位 $159 \sim 161\text{ m}$, 常年洪水位 $140 \sim 134\text{ m}$ 。

1.4 地层岩性

区内地层自上而下主要有第四系人工填土层 (Q_4^{ml}), 主要由煤渣、瓦片、碎石、粉质黏土及生活垃圾等组成; 崩滑堆积层 ($Q_4^{\text{col+del}}$), 岩性为褐黄、紫褐红、褐灰色粉质黏土夹碎石、块石; 纸房溪冲积层 (Q_3-4^{al}) 成分为粉砂泥岩、砂岩, 伏于滑坡舌之下; 侏罗系中统上沙溪庙组 (J_{2s}), 以紫红色粉砂质泥岩为主, 夹灰褐色中厚层状泥钙质胶结长石石英砂岩, 该岩体构成石包嘴滑坡的滑坡床。

1.5 地质构造

滑坡区在区域构造上处于川东褶皱带万县复式向斜北东段近轴部, 北依铁峰山背斜, 南邻方斗山背斜。滑坡区及其附近未见断层通过, 区内主要发育有 2 组裂隙: $220 \sim 240^\circ$ $78 \sim 85^\circ$, 裂面平直, 局部微弯, 闭合或微张, 泥砂质半充填, 间距 $2.0 \sim 2.5\text{ m}$, 可见长度达 4 m 以上; $320 \sim 330^\circ$ $80 \sim 87^\circ$, 裂面平直, 为张性裂隙, 张开宽 $0.1 \sim 10\text{ mm}$, 泥砂质半充填, 该组裂隙在砂岩中较为发育。

1.6 水文地质条件

滑坡区地形为斜坡状, 有利于地表水顺坡径流和排泄。

* 收稿日期: 2005-09-26

作者简介: 史文兵 (1980-), 男, 安徽枞阳人, 硕士研究生, 研究方向为边坡失稳防治。

尽管区内降雨充沛,但雨后多形成地表径流排泄,渗入补给地下水水量甚微,致使基岩富水性弱,滑坡区内未发现基岩裂隙水出露。仅在滑坡后缘以外东南部裂隙水以下降泉的形式出露,流量仅 0.008 3 L/s,受降水补给,季节性变化较大。滑坡体内地下水主要接受大气降水及地表水补给,地下水的赋存条件差,滑坡体中粉质黏土夹块碎石层内地下水贫乏。

1.7 三峡水库蓄水对滑坡的影响

据《长江三峡水利枢纽初步设计报告》,三峡水库建成后,在汛期(6月中旬~9月底)运行时,需将水库蓄水降低到防洪限制水位 145 m 左右;在非汛期(10月~次年4月上旬),坝前水位保持在 145~175~145 m 之间波动,水库水位变幅为 30 m。三峡工程蓄水后,万州区库水位变化在 156~177 m 之间,石包嘴滑坡前缘部分将被库水淹没,受库水和库岸再造的影响,其稳定性将明显降低。

2 滑坡形成机理分析

滑坡区的地层岩性、地层结构、地形地貌条件等是形成滑坡的内在因素。沿基岩的软弱面、临空面斜坡地形等均具备,极有利于滑坡的发生。地形上为滑坡形成提供了临空面,由于滑坡主体位于第二级阶地的阶坡上,原始地形坡度角在 5~25°,基岩面坡度角一般 8~24°,对滑坡形成有利^[5]。滑坡区的水是滑坡形成的主要外因,降雨特别是长时间的持续降雨,会使得水体大量渗入滑体,一方面使滑带土饱水,降低其抗剪强度;经室内实验测定,滑体土饱和状态下强度要低于天然状态下,黏聚力 C 值降低约 17%,内摩擦角 ϕ 减小约 10%。另一方面会使得地下水位迅速上升和产生土体内渗流,形成动水压力和浮托力,增大下滑力,降低抗滑力,极易导致滑坡的爆发。滑坡区中后缘大面积填土(人类活动)是造成坡体变形的因素。场地填土层主要来源于移民建设和公路施工;填土堆积于滑坡中后缘,增加了下滑力,降低滑坡的安全系数。另外,三峡水库建成后,滑坡前缘受到库水冲刷、浪蚀的影响,从而引起坍岸和库岸再造,使滑坡前缘阻滑力降低,影响滑坡的稳定性。库水位的剧烈变动,会产生极大的动水压力和孔隙水压力,极不利于滑坡的稳定。滑坡的发生是内外因素共同作用的结果,要综合分析得出结论。

3 滑坡稳定性计算

根据调查和分析可知,石包嘴滑坡可能沿原有滑动面复活,即沿基岩面附近滑动,在纸房溪边剪出。稳定性计算采用了传递系数法。

3.1 计算参数的选取

根据滑体土现场大重度试验和室内试验结果,考虑土质不均,局部颗粒有架空现象,综合确定滑坡体土天然重度取 20.5 kN/m³,饱和重度取 20.7 kN/m³;滑坡体滑动面天然状态 $C = 24.5$ kPa; $\phi = 11.7^\circ$,饱水状态 $C = 20.5$ kPa; $\phi = 10.6^\circ$ 。

3.2 稳定性计算工况

由于石包嘴滑坡位于三峡库区,在进行稳定性计算时应考虑的荷载有:滑坡体自重(天然、暴雨状态)、地下水作用力、建筑工程附加荷载。由于暴雨及库水位对滑坡体稳定性影响较大,拟采用如下 5 种工况进行滑坡体稳定性计算。各工况下设计标准均取 1.15,暴雨重现期为 50 年。

(1) 自重, (2) 自重 + 附加荷载, (3) 自重 + 附加荷载 + 暴雨, (4) 自重 + 附加荷载 + 暴雨 + 库水位(175 m), (5) 自重 + 附加荷载 + 库水位降(175~156 m) + 暴雨。

3.3 滑坡稳定性计算

选取 5 条剖面进行稳定性分析及推力计算,图 1 是 III-III 剖面。经计算得出,石包嘴滑坡体稳定性系数在工况(1),(2),(3)下计算值相差并不大,主要原因一方面是滑坡体自重远比附加荷载大,另一方面是地下水位埋深较浅,暴雨时引起的地下水位升幅不大。当水库处于高水位时,纸房溪水流受阻,水位壅高会浸润滑坡前缘,土体强度降低,且在暴雨工况条件下,滑坡局部剖面稳定性系数达不到 1.15,仍可能对移民的生命财产安全产生危害。滑坡南半部分前缘大部分处于 175 m 标高以下,故而受水库直接影响,库水位自 175 m 快速下降至 156 m 时,南半部稳定系数降低较大。

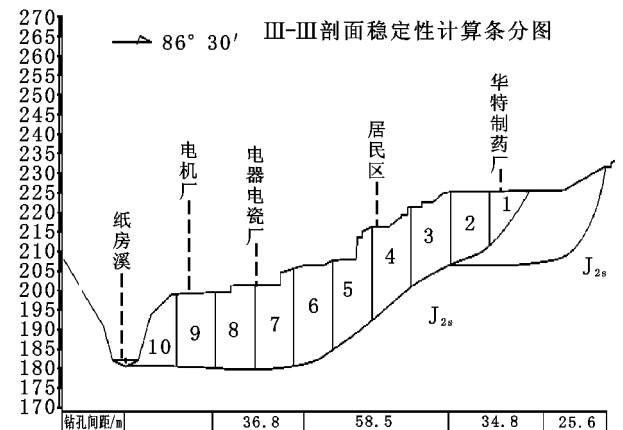


图 1 石包嘴滑坡稳定性计算剖面图

稳定性计算结果表明,石包嘴滑坡整体现状是稳定或基本稳定的,但在考虑水库水位及暴雨、附加荷载的联合影响时,稳定性降低,在自重 + 附加荷载 + (175 m~156 m) 库水位 + 暴雨工况下,稳定系数最低,南半部分出现不稳定状况,北半部分也达不到安全标准要求,必须采取措施进行治理。

4 治理措施

该滑坡采用排水前提下,主要采用抗滑桩支挡,结合监测工程,并充分考虑库位变动对滑体的作用。治理目标在于,通过对滑坡的有效治理,确保滑坡在治理后的稳定系数在 1.15 以上,能经受住三峡库位变动的考验。

4.1 排水工程

水是诱发滑坡产生的重要因素,据统计,90% 滑坡发生在雨季或滞后雨季,设置合理的排水措施显得很有必要。滑坡体上尚无完善的地表排水系统,因此应设计完善的地表排水系统,使地表水能顺畅排出,减少对滑坡体的不利影响。对于滑坡体以外地表水渗入变形体内,应以拦截旁引为防治原则;对于滑坡体内地表水下渗,则以防渗、汇排为防治原则。按滑坡区地形、地貌及分水岭界线,在滑坡区内设置树枝状排水系统,共设横向截水沟 1 道,采用矩形断面,净断面尺寸为 800 mm × 800 mm,共长 596 m。设纵向排水沟 4 道,净断面尺寸为 600 mm × 600 mm,共长 572 m。排水沟水流最终注入纸房溪。滑坡体内现有裂缝采用 M7.5 砂浆进行充填封闭,以尽量减少雨水的入渗。

4.2 抗滑支挡工程

在综合考虑推力大小及滑面深度以及防治对象基础上,将支挡部位设置于万开公路外侧。根据剖面的计算结果,抗滑桩采用后锚式抗滑桩进行支挡,截面均为 800 mm × 1200 mm,桩嵌入中风化基岩不少于 3.5~4.5 m,桩心距所有剖

(下转第 231 页)

坡上位的水分几乎没有被拦蓄就直接运输到坡中、坡下,使得无林地坡中、下位比有林地坡中、下位的土壤含水量高。

经计算发现,2002年、2003年有林地与对照无林地土壤水分的差异情况和2004年基本相同。

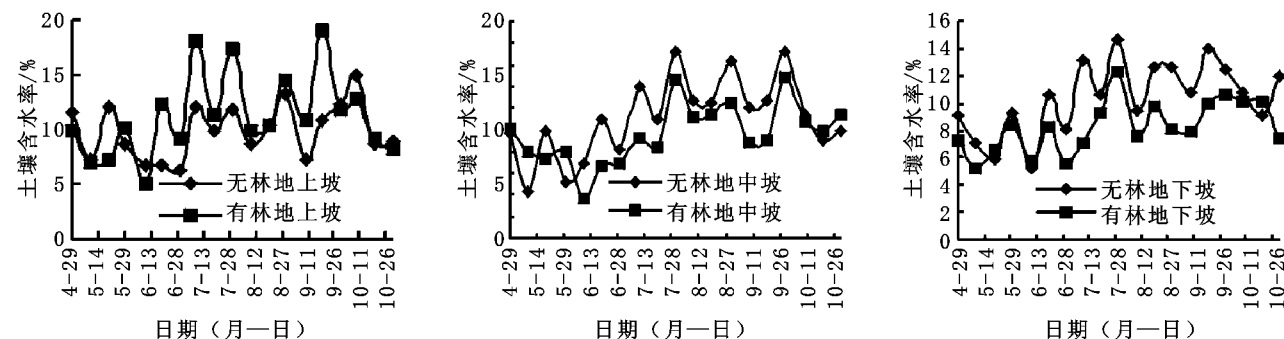


图9 2004年有林地与对照无林地在相同坡位土壤水分的差异(上、中、下)

4 结 论

(1)研究区内,天然坡面径流场地表径流形成机制以超渗产流为主,同时伴有饱和产流(蓄满产流)。径流的产生与降雨的类型、雨量大小、雨强大小、降雨历时、土壤前期含水量、土壤的物理性状(质地、粒径结构)、坡面坡度、坡面有效糙率以及水分下渗强度有密切的关系。

(2)坡面径流场森林植被对地表径流的影响:植被是造成有林地与对比无林地地表径流差异的决定因子,植被的存在使得林地地表有效糙率提高,同时植被的根系改良土壤结构提高起渗强度和蓄水性能,进而有效地拦蓄径流。当降雨量不足30 mm时,地表一般不产生有意义的径流,径流系数非常小,不足5%,有林地甚至不产流,径流系数为0。降

雨量小于80 mm时,径流系数还都很小,一般低于10%。当降雨量大于40 mm时,无论是有林地还是对照无林地,地表径流系数随降雨量增大而增大。

(3)林地植被能够削弱地表径流的峰值,延缓洪峰流量出现的时间,使得径流过程历时加长。林地植被(刺槐)对地表径流削减率的大小和降雨量大小关系并不完全一致:当场降雨量小于临界值(73.04 mm)时,林地植被对洪峰的削减率随降雨量增加而增加,当降雨量大于该临界值时,林地植被对洪峰的削减率总体上随降雨量增加而呈下降趋势。

(4)林地植被储水是一个动态过程,这个动态过程能够涵养水源、拦蓄、调节径流过程,有效的调控土壤含水量,增加土内径流,在干旱时补充基流。林地植被动态储水的过程有助于林地生产力以及生态效益的提高。

参考文献:

- [1] 黄志霖,李建新,王玉.太行山侧柏人工林林冠降雨截留及地表径流的研究[J].河南林业科技,2000,20(2):1-5.
- [2] 闫俊华,周国逸,申卫军.用灰色关联法分析森林生态系统植被状况对地表径流系数的影响[J].应用与环境生物学报,2000,6(3):197-200.
- [3] 周国逸,余作岳,彭少麟.小良试验站三种植被类型地表径流效应的对比研究[J].热带地理,1995,15(4):306-312.
- [4] 韦炳武.从森林植被的内部结构分析影响地表径流的主导因子[J].林业科技,1996,21(5):12-14.
- [5] Zhang, Z Q, Qin, Y S, et al. Water conservation forest impacts on the runoff generation and sediment at small watershed scale in Miyun Reservoir watershed[J]. J. Beijing Forestry University, 1998, 7(1): 86-92.
- [6] Yu, X X, Zhang, Z Q, et al. Water conservation forest impacts on the runoff generation and sediment at natural slope scale in Miyun Reservoir watershed[J]. J. Beijing Forestry University, 1998, 7(1): 8-14.
- [7] 张志强,王礼先.水力侵蚀与植被变化关系研究途径与展望[J].北京林业大学学报,1997,19(增刊1):177-180.
- [8] 王礼先,张志强.森林植被变化的水文生态效应研究进展[J].世界林业研究,1998,6:15-23.
- [9] 陈军锋,李秀彬.森林植被变化对流域水文影响的争论[J].自然资源学报,2001,16(5):474-480.
- [10] 张志强.森林水文:过程与机制[M].北京:中国环境科学出版社,2002.
- [11] 王礼先.水土保持学[M].北京:中国林业出版社,1995.
- [12] 于志民,王礼先.水源涵养林效益研究[M].北京:中国林业出版社,1999.

(上接第226页)

面均为5.0 m。桩顶下1 m处设130锚杆两道,锚杆水平倾角15°~20°,锚入中风化基岩面不小于4.0 m~4.5 m。锚杆钢筋采用32或35,锚固材料为M30锚固砂浆。锚杆自由段防腐应特别加强,采取沥青纤维布包扎两道再进行灌浆。对于部分公路条石挡墙已有变形迹象,采用锚杆对其进行加固处理,安全系数取 $k=1.3$ 。锚杆间距4 m×4 m,孔径130,水平倾角20°。锚杆材料为35普通螺纹钢,锚杆锚入中风化基岩4.0 m。

参考文献:

- [1] 重庆南江水文地质工程地质队.长江三峡工程库区重庆市万州区石包嘴滑坡防治工程地质勘察报告[R].2002.
- [2] 重庆市地方标准, DB50/5029-2004, 地质灾害防治工程设计规范[S].

5 结 语

三峡库岸滑坡治理工程有其特殊性,不仅要受到降雨的影响,还要受库水位变动、坍岸、移民迁建等因素的影响,所以治理工程的实施要综合考虑这些因素,进行多种工况下的滑坡稳定性分析。水是诱发滑坡的一个重要因素,滑坡治理中必须采取有效措施来减少水的影响。另外,支挡措施如抗滑桩、锚杆等是目前滑坡治理中用的最多也是最有效的。