

某工程边坡失稳及稳定性分析*

谢东明

(广西水利电力勘测设计研究院 南宁 530023)

摘要 某工程边坡为中型土质滑坡,近似圆弧形,滑坡体分为4级滑面,除其后缘的一级滑面外,其它次级滑面的后缘陷落带宽3~8m不等,主滑方向为240°,为牵引式滑坡。失稳的主要原因是开挖边坡和强降雨的影响,其次是支护和排水措施不到位。研究表明,滑坡破坏之前,稳定性系数较低,处于不稳定的状态,受降雨的影响,边坡极易失稳。

关键词 滑坡 牵引式 破坏 治理 稳定性

中图分类号:P642 文献标识码:A

SOME PROJECT SIDE SLOPE JITTER AND STABILITY ANALYSES

XIE Dongming

(Guangxi Water and Power Design Institute, Nanning 530023)

Abstract Slope of a project for the medium soil slope, similar to arc-shaped, divided into four landslide slip surface, with the exception of a slip surface was edge, other edge of the secondary slide surface after the fall of the bandwidth 3~8m range primary slip direction 240°, for the Towed landslide. The main reason is the excavation slope instability and the impact of heavy rain, followed by support and drainage measures are not in place. Research shows that before the landslide damage, low coefficient of stability, in an unstable state, the impact of rainfall, slope vulnerable to instability.

Key words Landslide, Pull-type, Disrupt, Administer, Stability

1 引言

某工程边坡位于百色水利枢纽库区移民安置点上,距百色市约50km,交通便利。由于该安置点台地开挖时没有严格按设计图施工,导致场地面积不够,最后增加了最上方两个台地。

2 滑坡区的地质环境

2.1 地形地貌

本工程属构造剥蚀中低山丘陵地貌,背靠大

山,地势北东高南西低,场地较平缓,自然坡度为8°~15°,整个场地内普遍见有砂岩、泥岩孤石,块径大小不一,一般为0.5~1m,场地南西侧地形自然边坡较缓,坡度一般为5°~10°,后山坡(北东侧)地形自然边坡较陡,坡度一般为15°~30°,山坡上普遍种植经济作物或杂木,在场地内由于雨水冲刷或人工开挖,形成几条小冲沟,局部有崩塌现象。2005年年初对场地进行三通一平,台地分为5级9个台地,建筑物地基均座落在残坡积土上,为天然地基。

* 收稿日期:2010-06-10;收到修改稿日期:2010-06-29。

作者简介:谢东明,主要从事水利水电工程地质与水文地质勘测设计研究工作. Email: xie-dm@163.com

2.2 地层与岩土性质

场地区域第四系覆盖层较厚,基岩为泥盆系中统东沟岭组炭质泥岩、泥岩、砂岩。根据勘探揭露,场地内主要岩土体为残坡积土、素填土、滑坡堆积土。自上而下将岩土层分为①耕植土,为地面表层土,厚0.3~0.8m;②滑坡堆积土,分布在崩塌或滑坡区域及台地后边坡坡脚处,厚2~5m;③素填土,分布在台地前缘及台地两侧冲沟,是台地开挖时弃土场;④含碎石粉质黏土,厚2~5m,最厚达16m,碎石主要成分为全强风化砂岩、泥岩等;⑤全强风化砂岩、泥岩。

场地内无大的区域性断裂构造发育,构造简单,褶皱发育。根据《中国地震烈度区划图》(1990)本区地震基本烈度为VI度。根据《中国地震动参数区划图》(GB18306-2001),本区地震动峰值加速度为0.05g,反应谱特征周期为0.35s。

2.3 水文地质条件

根据钻探资料,场地台地内地下水埋藏较深,但滑坡区域内地下水埋藏较浅,埋藏深度最浅仅为1.7m(zk05)。地下水位随着气候的变化而上下变化;在现场滑坡体坡面或坡脚可见到3~5个出水点,由于勘探期间降雨量少,各水口的出水量较小,个别出水口已近枯竭。

地下水主要为第四系地层孔隙水和下伏基岩裂隙水,从现场分析,表层土体较松散,透水性强,下伏基岩以全强风化泥岩为主,泥岩透水性较弱,第四系地下水主要赋存于岩土层之间。

3 滑坡的形态特征

该滑坡体轮廓明显,滑坡体形状为下宽上窄呈喇叭形,前缘高程为256.1m,后缘高程为305.7m,高差约50m,后壁没有明显的上下位移,周缘高差一般为0.1~0.6m;滑坡体内有4个台阶,台阶高差约为0.3~0.6m,右侧台阶高差稍高。各台阶之间的陷落带宽3~8m不等。

该滑坡体有4级滑面,滑面形态明显,呈近似圆弧形与滑坡壁方向大致平行,滑面见有擦痕,后缘及周缘滑面较陡,其倾角一般为80°以上,前缘原坡脚处滑面呈反翘状。

从现状及勘察资料分析,该滑坡体滑动面主要产生在残坡积土层与岩土层界面接触附近,局部为

土层内表层松散部分土体。岩土的工程特性不同,前者以残坡积含碎石粉质黏土为主,黄褐色~褐色,黏性差,稍湿,所夹碎石为强风化泥岩、砂岩,碎石含量20%~30%,粒径为0.5~10cm,局部见有滚石,土层厚度总体呈上部薄、下部厚的特点,透水性强,水理性差,呈可塑状态;后者为全强风化砂泥岩,钻孔到滑动面附近时岩芯的含水量明显增加,两个探坑在滑动面位置有明显拉裂缝,这对确定滑面位置是有帮助的。滑坡的主滑方向约为240°。

滑坡边界不规则,滑坡体长约135m,最大宽度约150m,最窄处约32m,平均宽度为85m;滑坡体厚度一般为2~5m,平均为3m,其中,zk09钻孔滑坡体厚为2.7m,左侧探坑滑坡体厚为2.8m,右侧探坑滑坡体厚为2.5m,台地上方滑坡体稍厚;滑坡体总体积约 $3.4 \times 10^4 \text{ m}^3$,为浅层中型滑坡。

该滑坡体的剪出口位于滑坡体的正前方即最高台地后边坡坡脚排水沟处,其深度为台地以下0.5~1.0m。滑坡体从滑坡剪出口滑出后形成了最大宽度为5m,最大长度为150m的滑坡舌。整个后边坡已遭变形破坏,原来在边坡上的一些块径较大的孤石由于边坡滑动而产生松动或位移,甚至有几块块径超过1m的孤石往坡下滚动,滚动距离最长达数十米。坡面往台地方向推移,使原来开挖坡比为1:1.25的坡面大部分开裂,且变得平缓许多。由于滑坡体向前滑动过程中受到阻碍和滑动面的反翘作用,使该边坡形成垂直于滑动方向的一条高1~2m,宽3~5m的隆起鼓丘,鼓丘凹凸不平,堆积于台地内侧。在滑动鼓丘坡脚处见有渗水现象,局部有少量地下水流出。

滑坡体上的裂缝十分发育,既有拉张裂缝也有剪切裂缝,其中滑坡中后部地表裂缝更发育,且较宽大。在滑坡体中上部有4条规模较大的拉张裂缝,表面呈阶梯状或陡坎状,其宽度一般为0.1~0.4m,可见最大深度达0.8m以上;它们构造了该滑坡体的一个最大的陷落区,陷落区宽达10~20m。滑坡后缘地表以裂缝发育为主,最顶处滑坡壁及两侧拉裂缝宽5~20cm,没有明显的上下位移;在滑坡体两侧均可见明显的羽状裂缝,裂缝宽0.1~0.2m,羽状裂缝基本与主滑方向垂直或斜交。

滑床主要为残坡积含碎石粉质黏土及全强风化砂泥岩,滑面倾向及倾角在坡体上方基本与现状边坡一致,表现为切层滑坡,浆砌石护坡因受到阻力而隆起形成滑动鼓丘。根据勘察,滑动面埋深于台地下约1.0m。该滑坡属牵引式滑坡。

4 滑坡形成机制

本区属低山丘陵剥蚀地貌,自然边坡坡度为 $15^{\circ} \sim 35^{\circ}$,上陡下缓,地形起伏较大。上部边坡较陡,覆盖土体的自重下滑分力较大。由于残坡积土层结构较松散,透水性强,在强降雨等地表水作用下,易发生崩塌、滑坡。

本次台地开挖,边坡没有及时挡护,形成了临空面,残坡积土层结构较松散,透水性强,随着强降雨大量渗入后,土体容量增加,使土体力学强度降低,造成土体向下滑移,滑移没有及时治理,导致滑坡。

从勘察情况来看,目前滑坡前缘出现一个剪出口,位于台地后边坡脚下 1.0m 左右位置,浆砌石护坡已完全倒塌隆起成小丘。

该滑坡体原地形自然边坡较陡,台地开挖后边坡没有及时挡护,导致开挖坡面原始应力平衡遭到破坏,边坡需要通过蠕变来释放应力,以达到新的应力平衡,同时,施工时为雨季,大量雨水渗入土体,降低了边坡土体的摩阻力,边坡产生失稳滑动;受前面开挖边坡失稳滑动牵引,依次形成了自然边坡上的多条拉张裂缝及上下位移,前上一级的拉裂缝长度及宽度往往比后一级的拉裂缝要大一些,并且大部分拉裂缝形状为上宽下窄,上下位移所错位的高度也是前一级的高度往往比后一级的高度也要稍大一些。坡体的水平位移多大于垂直位移,且其均是在前一级滑坡的形成之后或影响之下而发生后一级的滑动,因此,从其引起滑动的力学性质判断为牵引式滑坡。

台地开挖边坡产生了牵引式滑坡,主要有以下几方面原因:

(1)由于台地开挖,工程支护措施没有及时跟进,开挖边坡形成了临空面,台地开挖后不久边坡就出现滑塌。

(2)自然边坡上陡下缓,地形起伏较大,上部边坡较陡,覆盖土体的自重下滑分力较大。由于残坡积土层结构较松散,透水性强,在强降雨等地表水作用下,易发生崩塌、滑坡。

(3)台地开挖后没有及时做好边坡内外排水系统,强降雨影响使得整个边坡产生了一些径流,大量地表水下渗增加了边坡土体的容重,进一步增加了边坡土体的下滑力,并且雨水使滑动面滑带进一步软化,降低边坡土体的摩阻力等物理力学指标,使坡体变形破坏,形成滑坡。

(4)坡体表面排水不畅或有利于雨水的汇集加剧了边坡的变形破坏。

总之,影响边坡稳定的自然因素和人为因素较多,但工程中常见的边坡失稳除降雨、地震作用外,不合理开挖方式和水文地质条件的改变,破坏了边坡原有的平衡状态占大多数。本工程就是开挖边坡破坏了土体应力平衡,没有及时对边坡进行工程支护及没有做好地表排水系统,导致边坡失稳。

5 滑坡稳定性分析

5.1 滑坡稳定性评价

在了解滑坡的地质背景、形态特征和形成机制的基础上,对上述3个滑坡体进行稳定性分析及评价。由于3个滑坡体的工程地质条件基本相同,所以选取了1#滑坡体主滑方向的剖面作为代表进行稳定计算。

根据边坡工程地质条件,主要考虑边坡在天然状态下的稳定状况,按原始地形条件下自重+地下水位的情况进行稳定分析。

参数的选取主要根据土工试验成果,工程类比和经验等方法获取。滑带土抗剪强度取值采用理正软件反算土层力学参数,即认为滑坡正处于极限平衡($K=1$)状态,选择适当公式反求 $K=1$ 时滑带土的抗剪强度参数 c 、 φ 值,计算结果如下:

(1) $c = 8\text{kPa}$ 、 $\varphi = 15^{\circ}$ 时,滑动安全系数为 0.82 ; (2) $c = 8\text{kPa}$ 、 $\varphi = 20^{\circ}$ 时,滑动安全系数为 1.045 。

从稳定性计算结果分析,滑坡发生前滑坡的稳定系数基本上小于 1 ,处于不稳定状态,并且边坡开挖后没有及时挡护,遇到较长时间的强降雨,导致了滑坡,计算结果与实际基本吻合。

根据验算结果、工程类比和经验等方法,提供各岩土层物理力学指标建议值(表1)。

5.2 综合治理原则

台地后边坡出现滑坡崩塌现象,直接威胁到村民及学校师生的生命财产安全,且目前边坡处于欠稳定状态或不稳定状态,遇到下大雨时滑坡会有进一步发展的可能,因此,必须对边坡进行综合治理。在滑坡防治工程中,必须遵循以下原则:

(1)预防为主,防治结合。场地后边坡稳定性较差,目前处于不稳定状态,危及到村民的生命财产

表1 各岩(土)层主要物理力学指标及建议承载力标准值表

Table 1 The rock (soil) layer of the main physical and mechanical indexes and the proposed capacity of the standard value table

土层名称	天然含水量 ω /(%)	天然密度 / $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	孔隙比 e	液性指数 I_L	抗剪强度		建议承载力标准值 f_k /kPa
					c /kPa	ϕ /(°)	
滑动面土	18.3	2.02	0.650	-0.18	8	15	150
滑坡体土	18.0	2.05	0.650	-0.18	10	16	150
残坡积土	17.2	2.06	0.580	-0.18	22	20	250
强风化基岩							500

安全,应及时采取有效的预防措施,否则一旦滑坡或崩塌进一步发展,将会造成更大的经济损失,也必将增加治理费用。

(2)滑坡崩塌灾害的防治工程应具有明确的针对性,突出对重点地段和特殊部位的治理。

(3)滑坡崩塌灾害治理工程,尽量因地制宜,就地取材,采用技术可行、经济合理且施工方便、可操作性强又不破坏环境的工程结构。

5.3 处理建议

根据场地滑坡崩塌体的地质特点、稳定性及地形条件,建议处理方案如下:

(1)2[#]滑坡体大部分为崩塌堆积物,较松散,处理方案与1[#]滑坡体相同,滑坡体前缘矮挡墙;2[#]滑坡体前面第一排民房的后边坡为土质坡夹滚石,开挖边坡1:0.75左右,偏陡,建议放坡至1:1~1:1.25,并做好护坡处理。

(2)水是诱发滑坡崩塌的主要因素之一,在采取工程措施时,也要布置完善的排水系统,排水工程对滑坡崩塌体稳定起到十分重要的作用;目前台地边坡原有排水系统大部分已遭破坏,不能满足边坡地表排水要求,应尽快完善地表排水工程。

6 结语

通过对该滑坡的治理研究,查明了滑坡的成因、规模及基本特征,并根据滑坡稳定性分析及计算结果,结合本工程的实际情况,提出了经济可行、安全可靠的滑坡治理方案。根据工程观测资料分析,自2006年8月完成该工程治理后,经历了3年多的时间考验,滑坡体得到了有效的控制,说明该滑坡治

理方案是成功的。滑坡的有效治理给了我们成功的经验,主要有以下体会:

(1)在今后的建设工作中,应从思想上对边坡开挖引起足够的重视,坚持先勘察后施工;一定要查清其工程地质条件,边坡开挖后要及时支护处理;对较大边坡不宜大面积开挖,可分段施工,开挖和支护可同时进行。

(2)对已发生的工程滑坡,应及时做好现场勘察工作,查清楚滑坡规模、特征,并及时取得真实的反映滑坡实际的岩土技术资料参数,进行科学分析,确定合理的治理参数,任何缺乏根据的设计必然会带来更大的损失。

(3)在查明工程滑坡机理并进行科学分析计算后,应结合滑坡场地的实际情况因地制宜地提出有效的治理措施,根治滑坡。本工程中就是遵循这一原则后取得了成功的防治经验。

参 考 文 献

- [1] 水利水电工程地质勘察规范(GB50487-2008)[S].北京:中国计划出版社,2009.
Geological Survey Water Resources and Hydropower Engineering Specification(GB50487-2008). Beijing: China Planning Press, 2009.
- [2] 工程地质手册(第四版)[S].北京:中国建筑工业出版社,2007.
Engineering geology handbook(Fourth Edition). Beijing: China Architecture & Building Press, 2007.
- [3] 广西水利电力勘测设计研究院.百色水利枢纽初步设计报告(地质部分)[R].
Guangxi Water and Power Design Institute. Baise hydro-junction preliminary design report(Geological section).