

三峡库区老坟园残留阶地型斜坡稳定性评价

伏永朋,常宏,谭建民,韩会卿

(宜昌地质矿产研究所,湖北宜昌 443003)

摘要:通过老坟园斜坡天然条件及不利复合条件稳定性评价,阐明了诱发阶地型斜坡滑动变形的外界条件,为斜坡治理工程设计提供了重要地质依据。

关键词:阶地,稳定性评价,三峡库区

中图分类号:P642.22

文献标识码:A

三峡库区干流河谷受地质构造、岩性等因素的控制,形成各种不同类型的河谷地貌景观。区域地貌经历多个发育阶段,相应形成鄂西期夷平面和山原期夷平面。库区及其外围新构造活动以大面积差异性抬升为其主要特征^[1]。河流阶地是地壳间歇性上升所保留的重要地貌标志之一。新构造运动中,随渝东鄂西山区隆起,长江及其支流深切,形成了著名的长江三峡。1986年南京大学对宜都至重庆长江干流河段进行了调查研究,根据峡谷地区一般洪水位特点、现代河床实测横剖面特征、阶地相及阶地物质测年综合对比分析,认为长江干流重庆—宜都河段目前能够确认的阶地有6级。其中新滩、大岭一带可见4级,其高程分别为: T_I 80~82 m、 T_{II} 100~105 m、 T_{III} 135 m、 T_{IV} 156~166 m^[2]。而老坟园斜坡恰位于大岭对岸(新泄滩乡下游),由此分析该处应为长江第五级(T_V)残留阶地,阶面高程230~270 m。

老坟园斜坡为洪冲积型平缓斜坡,由于地面坡度和岩土界面均比较平缓,砂砾类土透水性好,而显示总体稳定。仅在沟谷切割的谷坡及前缘临空面附近,在降雨及河水作用等因素影响下,可能发生局部变形^[3]。因此,一般情况下,此类型斜坡稳定性高于其它成因的土质斜坡,在一般自然条件下

(如降雨),斜坡多处于稳定或基本稳定状态,对这类斜坡仅采用群测群防监测手段即可,而不需进行工程治理。但是,在三峡库区蓄水至175 m时,随着水位的抬升,地下水位也随即抬升,库岸再造在所难免,可能诱发原先稳定的斜坡滑动变形,给人民生命财产造成不可预估的损失。因此,对这类斜坡进行稳定性评价,具有重要的现实意义。

1 斜坡概况

1.1 基本特征

老坟园斜坡位于长江北岸秭归县泄滩乡陈家湾村四组,为一逆向坡上的第四系冲洪积、坡洪积堆积层残留阶地斜坡(图1)。江北复建公路从坡体中前部横穿而过。据地表调查及探槽揭露,残留阶地东西宽200~250 m,南北长350 m,平面形态呈撮箕状,整体向南倾斜,其周界为:后缘高程300 m以上为40°左右的陡坡,地表覆盖厚1~3 m的残坡积粉质粘土,多见钙质结核胶结体,零星可见基岩出露。西界基岩出露高程后部300 m左右,中部210 m左右,公路附近190 m左右,前缘公路以下175 m左右。东界以切割至基岩的冲沟为界,公路附近基岩出露高程190~200 m。前缘170 m以下为基岩斜坡。斜坡地形中部较平缓,坡度10°~20°,后缘以上及前缘至江边较陡,坡度一般30°~40°。

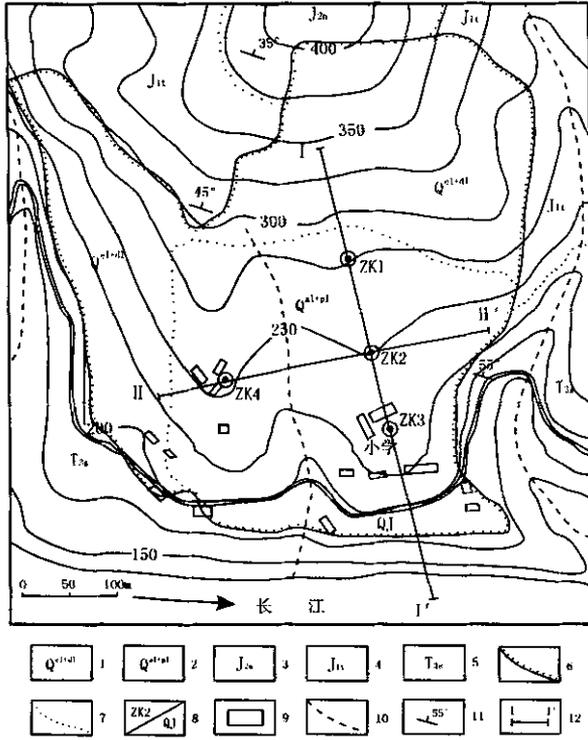


图1 老坟园斜坡工程地质简图

Fig. 1 The engineering geological map of Laofenyuan slope

1. 第四系残坡积物 2. 第四系冲洪积物 3. 侏罗系中统聂家山组 4. 侏罗系下统桐竹园组 5. 三叠系上统沙镇溪组 6. 第四系与基岩界线 7. 岩性界线 8. 钻孔及浅井 9. 居民点 10. 干沟; 11. 岩层产状 12. 剖面及编号

斜坡被一冲沟从中分割成两部分,横剖面形态呈弧形,两侧高、中间低,钻孔揭露斜坡土体最大厚度38 m,后部和前缘较薄,厚度一般为5 m,平均厚度10 m,总面积约 $(15.75 \times 10^4) \text{ m}^2$ 。总方量达 $(160 \times 10^4) \text{ m}^3$ 。

1.2 岩性及结构特征

斜坡岩性主要为第四系冲洪积物、坡洪积物(图2、3)及三叠系和侏罗系基岩,由上至下可分为:

(1)粉质粘土(Q^{al+pl}):黄褐、棕黄色,断面多见有白色钙质斑点,钙质含量高,干,坚硬,针虫孔较多,含5%~10%钙质结核,粒径0.5~3 cm,局部富集成层。厚1.6~5.7 m。

(2)粘土(Q^{al+pl}):棕黄、棕红色,坚硬,断面可见黑色铁锰质浸染,零星见粒径1.5~3 cm的钙质结核,局部富集成层。偶见碎砾石,成分以紫红、褐黄色粉砂岩为主,少量褐黄色细砂岩,粒径一般0.5

~1.0 cm,大者2~4 cm,多为次棱角状,少数次圆状,强风化。该层土质不均匀,局部为粉质粘土。厚4.9~11.8 m。

(3)粉质粘土(Q^{al+pl}):黄褐色,局部棕黄、棕红色,致密坚硬,断面可见黑色铁锰质浸染,钙质结核含量5%左右,局部富集成层,粒径0.5~3 cm,白~灰白色。仅在ZK2孔见有碎砾石。该层土质不均匀。厚1.3~10.5 m。

(4)粉质粘土(Q^{al+pl}):棕红色,坚硬,可见黑色铁锰质浸染,零星见粒径1~3 cm的钙质结核,偶见砾石。该层在斜坡上部尖灭,斜坡中下部厚1.6~2.8 m。

(5)粉质粘土(Q^{al+pl}):棕黄、黄褐色,硬塑状,钙质结核含量一般10%~20%左右,局部富集达50%~70%,粒径0.5~4 cm,结核颜色与土体一致。土体中含有零星小砾石和少量碎块石。砾石成分主要为褐黄色粉砂岩,次为紫红色粉砂岩,砾径一般0.2~1.0 cm,含量多小于5%,次棱角-次圆状,强风化,个别呈土状。碎石成分多为褐黄色细砂岩,大小2~4 cm,棱角状,多强风化成细砂粒状,手掰易碎。该层土体不均匀,其中ZK3下部为砂质粘土,孔深19.2~21.0 m处夹细砂透镜体。该层在斜坡上部尖灭,中下部厚2.8~13.7 m。

(6)碎石土(Q^{dl+pl}):仅在ZK3和浅井中见到该层,黄褐、紫红、棕黄色,结构较密实。碎石成分主要为灰黄色细粒石英砂岩,粒径一般4~15 cm,大者40~60 cm,小者2~3 cm,以次棱角状为主,少量次圆状,表面风化成褐黄色细砂状,含量30%~50%。砾石成分为紫红色、褐黄色粉砂岩,粒径0.5~1 cm,磨圆较好,多呈次棱角-次圆状,以中等风化为主,个别强风化呈土状,含量20%~30%。砂质以细砂为主,含量20%左右。余为紫红、黄褐色粉质粘土。该层分选差,大小混杂,土质不均匀,局部夹粉质粘土透镜体。ZK3中孔深32.6~34.1 m处夹砾质土。前缘公路外侧开挖浅井中该层块石具定向排列,底部为厚1.2~1.5 m的细砂。

(7)下伏基岩为三叠系上统沙镇溪组(T_{3s})和侏罗系下统桐竹园组(J_{1t})灰绿色粉砂岩、泥质粉砂岩、石英砂岩夹炭质页岩、煤线等。受节理裂隙切割,岩石破碎,风化强烈,透水微弱。岩层倾向NNE20°,

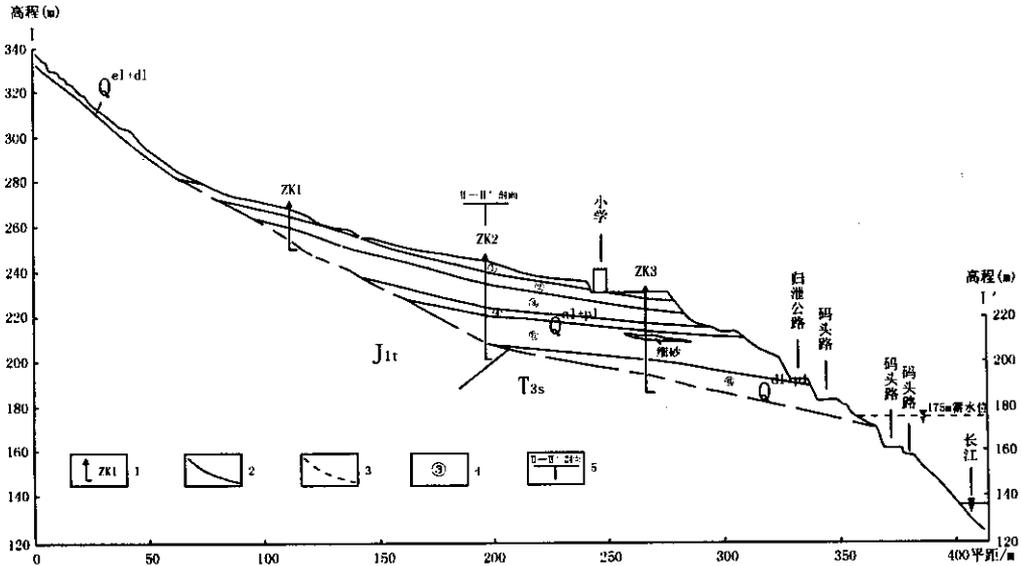


图 2 老坟园斜坡 I - I' 工程地质剖面简图

Fig. 2 The I - I' engineering geological section of Laofenyuan slope

1. 钻孔 2. 岩土体界线 3. 第四系与基岩界线 4. 土体单元编号 5. 剖面交叉位置及编号

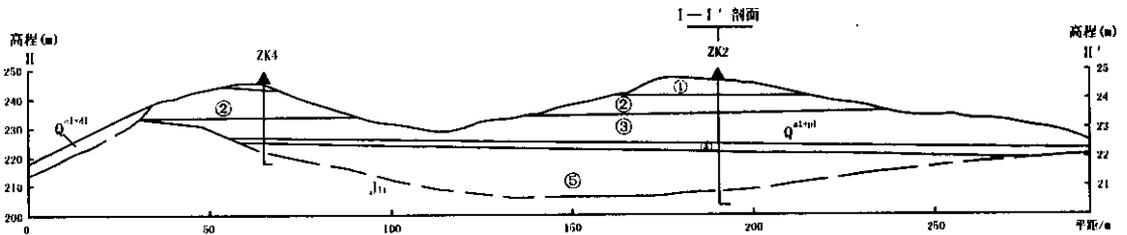


图 3 老坟园斜坡 II - II' 工程地质剖面简图

Fig. 3 The II - II' engineering geological section of Laofenyuan slope

(图例同图 2)

倾角 $25^{\circ} \sim 55^{\circ}$,与滑动方向相反 ,为斜向逆向坡。基岩面呈上陡下缓的凹形 ,坡度上部 30° ,下部 $10^{\circ} \sim 15^{\circ}$ 。

1.3 水文地质条件

区内地表冲沟较发育 ,较大的冲沟位于滑坡东西两侧 ,沟底及两侧均为基岩出露 ,切割深度 $50 \sim 70 \text{ m}$ 枯水期冲沟内多干涸 ,雨季常形成山洪 ,是地表水向长江排泄的主要通道。斜坡中部发育一小冲沟 ,沟深 25 m 左右 ,沟底未切割至基岩 ,据调查 ,该冲沟所在的阶地斜坡在 60 年代以前为同一个斜坡 ,自 60 年代至今 ,因人工垦荒种田 ,植被破坏 ,斜坡土体流失严重 ,中部出现冲沟 ,并不断向纵深发展 ,冲沟内一般情况下无水 ,暴雨时 ,地表水汇集

快 ,易形成水土流失。

区内未见泉水出露 ,钻孔均为干孔 ,地下水埋藏深。地下水主要为潜水 ,赋存于松散堆积层孔隙和基岩孔隙、裂隙中 ,其主要靠大气降水补给 ,向沟谷或长江径流、排泄。由于地形切割较剧 ,坡度较陡 ,地下水的补给条件差 ,径流、排泄条件好 ,富水性较弱。

2 稳定性分析评价

2.1 定性分析

目前 ,该斜坡整体处于稳定状态 ,仅在冲沟两侧及公路附近见有小型滑塌。但斜坡前缘坡度陡 ,

土体厚度大,冲沟发育,在外力条件改变下(如暴雨、地震、三峡水库蓄水等),有潜在滑动变形的可能。

2.2 定量计算

根据其特点,选取 I - I' 剖面做为主滑剖面(图 4),潜在滑动面为基岩面,按折线型考虑,前缘

高程为 170 m,目前长江位为 135 m,前缘不涉水,库水由 175 m 降为 145 m 水位下降速率取 1.2 m/d^[4]。计算参数以室内试验为主,参考库区经验值及同类型斜坡综合取值(表 1),水位降落的动水压力为假定地下水流向与滑面大致平行,以水力梯度进行渗透压力计算,稳定性计算结果^[5,6]见表 2。

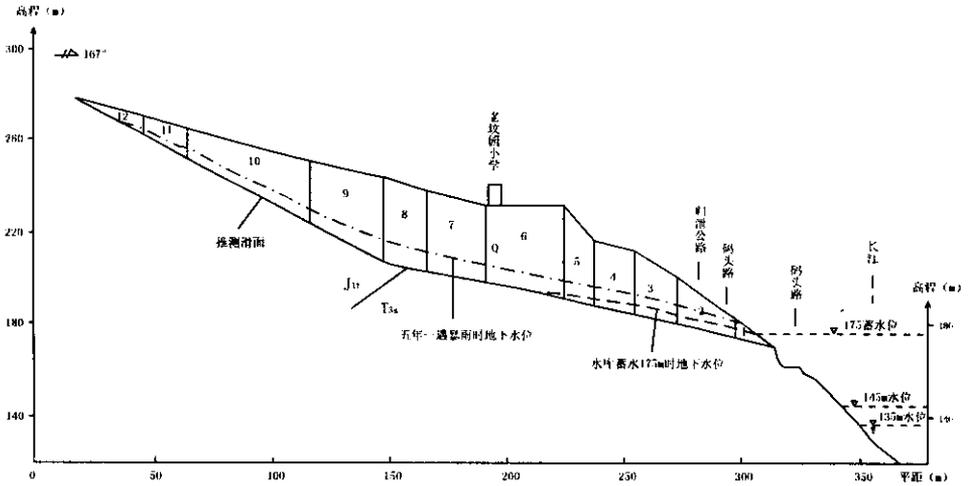


图 4 稳定性计算条分图

Fig. 4 The slice dividing of stability calculating project of slope

表 1 斜坡物理力学参数取值

Table 1 Physical mechanical parameters of the slope

滑体土重度		抗剪强度				Ⅵ度区地震 加速度	五年一遇暴雨
天然	饱和	天然	饱和	天然	饱和		
KN/m ³		C(kPa)	Φ(°)	C(kPa)	Φ(°)	m/s ²	mm/d
19.90	20.63	12	20	10	18.5	0.05 g	100

表 2 斜坡稳定性计算成结果

Table 2 Stability calculated result of the slope

工 况	稳定系 数 K
天然状态	1.28
工况一:自重+地表荷载+动荷载+平水期水位+5年一遇暴雨	1.18
工况二:自重+地表荷载+动荷载+175 m 正常水位+5年一遇暴雨	1.10
工况三:自重+地表荷载+动荷载+175 m 降为145 m 水位+5年一遇暴雨	0.96
工况四:自重+地表荷载+动荷载+175 m 降为145 m 水位+地震+5年一遇暴雨	0.88

状条件)整体处于稳定状态,与实际状况十分吻合。在暴雨、三峡库区蓄水至 175 m 时(不考虑塌岸影响)稳定性低于现状。在地震作用和水位由 175 m 降为 145 m 时处于不稳定状态。

3 塌岸预测

3.1 库岸基本特征

斜坡所在的库岸,高程 170 m 以上为土质,以下为岩质,坡度 35°左右,地表出露岩性为上三叠统沙镇溪组(T_{3s})灰绿色粉砂岩、泥质粉砂岩夹炭质页岩、煤线等,岩层产状 20°∠25°~50°,为一斜向逆向坡。岩层中发育一组剪节理,产状 240°~265°

上述计算结果表明:该斜坡在天然条件下(现

$\angle 50^\circ$,节理面平直,延伸长,一般1~2条/m,局部密集成带,带宽20~80 cm,带内岩石挤压呈薄片状。因该组节理倾向与坡向大体一致,倾角稍陡于坡角,延伸贯通好,不利于库岸稳定。

3.2 塌岸的主要形式及成因

根据岸坡形态特征、岩土结构、物质组成、抗冲刷能力及三峡水库运行情况等因素,老坟园滑坡塌岸形式主要为:高程170 m以下库岸地表为粉砂岩、泥质粉砂岩夹炭质页岩、煤线,强风化,顺坡向节理裂隙发育,贯通延伸好,且为陡坡,在江水冲蚀和风化剥蚀下,易沿裂隙软弱带发生崩塌。高程170 m以上库岸为粉质粘土、碎石土,水库蓄水至175 m后,库水的浸泡,使土体软化,强度降低,坡体稳定性随之下降,可产生表层土体的坍塌。波浪的淘蚀作用使上部土体临空而产生垮塌。水位波动是一个循环往复的长期过程,且随着江水的涨落,地下水位也随之升降,地下水的潜蚀和动水压力的作用,将促使坡体塌滑。

3.3 塌岸预测

采用卡丘金法进行塌岸预测^[7],正常高水位取175 m,消落水位取145 m,岩质岸坡稳定坡角水下取 30° ,水位变动带取 40° ;土质岸坡水位变动带取 25° ,水位以上取 35° 。预测库区水位在145 m~175 m运行后,最终塌岸宽度达63.2 m,影响高程220 m左右,并形成牵引式滑动,严重影响岸坡居民生

命财产安全和江北归泄复建公路(高程190 m左右)的正常运行。

4 结语

通过老坟园残留阶地斜坡稳定性分析,表明该斜坡一般情况下是稳定的,影响其稳定性的主要因素为库区水位变化引起的地下水变化和库岸再造。

参考文献:

- [1]汪华斌,吴树仁,汪稔.长江三峡库区滑坡灾害危险性评价[J].长江流域资源与环境,1998,7(2):186—187.
- [2]长江水利委员会.三峡工程地质研究[M].武汉:湖北科学技术出版社,1997.10:43.
- [3]周平根,欧正东.长江三峡工程库区不同成因类型平缓斜坡的稳定性评价[J].中国地质灾害与防治学报,1997,8(2):26—27.
- [4]刘广润,徐开祥.三峡水库沿岸移民区地质灾害防治研究[J].中国地质灾害与防治学报,2003,14(4):2.
- [5]王旭升,常宏,谭建民.斜坡地下水渗透力计算与稳定性分析[J].水文地质工程地质,2003(2):41—45.
- [6]常宏,王旭升.滑坡稳定性变化与地下水非稳定流初探—以三峡库区黄蜡石滑坡群石榴树包滑坡为例[J].地质科技情报,2004(3):94—98.
- [7]唐辉明.长江三峡工程水库塌岸与工程治理研究[J].第四纪研究,2003,23(6):648—655.

The stability assessment of Laofenyuan remnant terraces slope in the Three Gorges reservoir area

FU Yong-peng, CHANG Hong, TAN Jan-min, HAN Hui-qing

(Yichang Institute of Geology and Mineral Resources, Yichang 443003, China)

Abstract: Through stability assessment calculated of the slope under the natural condition and the combined disadvantageous condition in Laofenyuan slope, we describe the external condition of the sliding deformation in the induced terrace slide and provide an important geological evidence for slope control project.

Key words: The Three Gorges reservoir area; terrace; stability assessment