

文章编号:1009-6825(2009)06-0108-02

基于极限平衡法的杨家坝滑坡稳定性分析

罗向奎 付旭辉

摘 要:介绍了云阳县杨家坝滑坡的概况及危害,采用极限平衡法对该滑坡体进行了综合分析和评价,得出了杨家坝滑坡整体在各种工况下均是稳定的,仅有局部地段(H2-1)滑坡有变形可能的结论。

关键词:滑坡,极限平衡法,稳定性,综合评价

中图分类号:TU413.62

文献标识码:A

1 滑坡概况及危害

杨家坝滑坡位于重庆市云阳县普安乡,长江一级支流磨刀溪的右岸,具构造剥蚀中切割台状低山地貌和侵蚀河谷两种地貌,岩土种类较多,厚度变化大。杨家坝滑坡属岩质古滑坡,总方量约 $850 \times 10^4 \text{ m}^3$,主滑方向约 320° 。滑动过程中在前缘出现向东、西两侧的解体,由此造成滑坡变形特征的明显差异,形成了3个不同的地貌单元,即中部的杨家坝平台,南侧当湾的解体平台和北东侧的低洼地带。因此杨家坝滑坡包含H1、H2、H3等3个滑坡堆积体,其中H2堆积体上部产生土层的次级滑动形成H2-1滑坡。

目前杨家坝滑坡处于稳定状态,但在库水位变化的不利因素影响下,可能产生变形破坏,其一旦失稳,将直接危及滑坡体上84户478人、间接影响53户219人的生命财产安全,并将有16408.49 m^2 民房、1500 m移民公路、350亩耕地被毁,同时可能阻断磨刀溪而在其上游形成堰塞湖,危及其上游居民安全、中断磨刀溪航运。

2 滑坡稳定性极限平衡法分析

2.1 滑坡稳定性及推力计算公式

1) 稳定系数计算公式:

$$F_s = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} (R_i \prod_{j=1}^{n-1} \psi_j) + R_n}{\sum_{i=1}^{n-1} (T_i \prod_{j=1}^{n-1} \psi_j) + T_n}$$

其中, T_i 为第 i 条块下滑力, kN/m ,

$$T_i = W_i \sin \alpha_i + Q_i \sin \alpha_i + D_i \cos(\beta_i - \alpha_i)。$$

D_i 为第 i 条块的动水压力, kN/m ,

$$D_i = \gamma_w l_i h_w \cos \alpha_i \sin \beta_i。$$

其中, γ_w 为水的重度,取 10 kN/m^3 ; h_w 为第 i 条块在水位面以下、库水位面以上范围内的高度, m ; W_i 为第 i 条块的有效重量, kN/m ,水位线以上取天然重,水位线以下取浮重; R_i 为第 i 条块的抗滑力, kN/m 。

$$R_i = [W_i \cos \alpha_i - Q_i \sin \alpha_i + D_i \sin(\beta_i - \alpha_i)] \tan \varphi_i + c_i l_i。$$

其中, l_i 为第 i 条块滑面长度, m ; c_i 为第 i 条块的滑面粘聚力, kPa ; ψ_j 为第 j 条块剩余下滑力传递至 $i+1$ 块段时的传递系数 ($j=i$ 时)。

$$\psi_j = \cos(\alpha_i - \alpha_{i+1}) - \sin(\alpha_i - \alpha_{i+1}) \tan \varphi_{i+1} (j=i \text{ 时}),$$

$$\prod_{j=i}^{n-1} \psi_j = \psi_i \psi_{i+1} \psi_{i+2} \psi_{i+3} \cdots \psi_{n-1}。$$

其中, α_i 为第 i 条块滑面倾角, $(^\circ)$; β_i 为第 i 块地下水位线平均倾角, $(^\circ)$ 。当滑面在库水位面上方时,若滑床隔水则取地下水位面倾角的平均值;若滑床透水,则取地下水位面倾角的 0.5 倍~

1.0 倍(视滑面距地下水位面和库水位面的相对远近而定);当滑面在库水位面下方时取地下水位面倾角的平均值。

2) 滑坡剩余下滑力计算公式:

$$P_i = P_{i-1} \psi_{i-1} + F_{si} T_i - R_i。$$

其中, P_i , P_{i-1} 分别为第 P_i 条块、第 P_{i-1} 条块的剩余下滑力, kN/m ,如果 $P_{i-1} < 0$,则计算 P_i 时式中 $P_{i-1} = 0$; F_{si} 为滑坡剩余下滑力计算安全系数。

2.2 滑坡计算方案

根据滑坡形态特征及分区,选择 H1 滑坡堆积体 3—3', 4—4', 5—5' 剖面,选择 H2 滑坡堆积体 7—7', 8—8', 9—9' 剖面,选择 H3 滑坡堆积体 G—G', H—H' 共 8 条断面进行滑坡稳定计算,并对 H1 滑坡堆积体前缘较陡处土层以及 H2 滑坡堆积体后部崩坡积土层可能的剪出口位置进行了局部稳定性验算。另外选择考虑 H1 滑坡 4—4', 5—5' 存在库岸再造的影响,计算库岸再造后滑坡的稳定性。

滑体坡面地形线及滑带简化成折线,取滑坡单位宽度为 1 m ,简化为二维问题对滑坡进行计算。

经分析滑坡土体的岩、土状态、荷载组合及与库水的关系,对涉水的 H1、H3 堆积体上各计算剖面采用选定如下的六种工况方案进行滑坡稳定性计算。同时对部分涉水的 H2 滑坡采取相应的涉水工况进行稳定性计算。

工况 1:自重+地表荷载+磨刀溪现状水位;

工况 2-1:自重+地表荷载+水库坝前 175 m 静水位+非汛期 20 年一遇暴雨(q 枯);

工况 2-2:自重+地表荷载+水库坝前 156 m 静水位+非汛期 20 年一遇暴雨(q 枯);

工况 3-1:自重+地表荷载+水库坝前 162 m 静水位+汛期 20 年一遇暴雨(q 全);

工况 3-2:自重+地表荷载+水库坝前 156 m 静水位+汛期 20 年一遇暴雨(q 全);

工况 3-3:自重+地表荷载+水库坝前 145 m 静水位+汛期 20 年一遇暴雨(q 全);

工况 4:自重+地表荷载+坝前水位从 175 m 降至 145 m;

工况 5:自重+地表荷载+坝前水位从 175 m 降至 145 m+非汛期 20 年一遇暴雨(q 枯);

工况 6:自重+地表荷载+坝前水位从 162 m 降至 145 m+20 年一遇暴雨(q 全)。

其中,工况 2-3 水位 139 m 与磨刀溪现状水位 138.14 m 近一致,故该工况未进行计算。

收稿日期:2008-10-10

作者简介:罗向奎(1976-),男,工程师,重庆市地勘局 208 水文地质工程地质队,重庆 400700

付旭辉(1977-),男,重庆交通大学河海学院博士研究生,重庆 400704

局部稳定性 H2 滑坡上次级土质滑坡及潜在剪出口由于未涉水,验算采用工况 7 自重+地表荷载、工况 8 自重+地表荷载+20 年一遇暴雨(q 全)。

滑坡剩余下滑力计算时工况 1、工况 2、工况 3、工况 7 安全系数取 1.20;工况 4、工况 5、工况 6、工况 8 安全系数取 1.15。

由于滑坡体后部为拉裂槽,槽内多碎块石,渗透性好,在持续

暴雨或雨季地表水易从后边拉裂槽下渗入滑坡体内,故滑坡体内碎裂岩体在持续暴雨状态滑体处部分处于饱水状态。而滑坡体中前部上层多为粉质黏土,渗透性差,故持续暴雨状态仅考虑部分处于饱水状态。

2.3 滑坡稳定性计算结果

滑坡稳定性与推力计算成果汇总见表 1。

表 1 杨家坝滑坡稳定性系数计算成果表

编号	剖面编号	工况 1	工况 2-1	工况 2-2	工况 3-1	工况 3-2	工况 3-3	工况 4	工况 5	工况 6	工况 7	工况 8
H1 滑坡	3—3'	1.996	1.692	1.514	1.446	1.418	1.494	1.700	1.376	1.455		
	4—4'	1.892	1.509	1.475	1.384	1.386	1.326	1.749	1.403	1.367		
	4—4'潜在剪出口	2.57	1.625	1.617	1.387	1.352		2.120	1.871	1.262		
	4—4'塌岸后	2.025	1.632	1.737	1.606	1.500	1.534	1.732	1.407	1.367		
	5—5'	1.971	1.775	1.674	1.408	1.400	1.360	1.705	1.326	1.341		
	5—5'潜在剪出口	2.408	2.038					1.300	1.334			
H2 滑坡	5—5'塌岸后	1.971	1.865	1.770	1.540	1.510	1.516	1.705	1.392	1.449		
	7—7'	1.950	1.790					1.448	1.339			
	7—7'潜在剪出口										1.903	1.429
	8—8'	1.784	1.440					1.557	1.533			
	8—8'潜在剪出口										1.804	1.426
	9—9'	1.605	1.635					1.163	1.158			
H2-1 滑坡	9—9'潜在剪出口										2.153	1.742
	7—7'										1.657	1.119
	8—8'										1.431	1.122
H3 滑坡	9—9'										1.479	1.123
	G—G'	1.503	1.750	1.498	1.501	1.440	1.451	1.304	1.362	1.285		
	H—H'	1.612	1.679	1.621	1.793	1.704	1.670	1.500	1.457	1.495		

3 滑坡稳定性综合评价

据稳定性计算结果表明,H1 滑坡堆积体各种工况下均是稳定的,滑坡稳定性为 1.326~1.996,滑坡堆积体处于稳定状态。

H2 滑坡堆积体整体在各种工况下均是稳定的,稳定性系数 1.158~1.950。H2 滑坡后缘拉裂槽附近搜索存在潜在剪出口,该潜在剪出面在自重+地表荷载(工况 1),经验算稳定性系数为 1.426~2.153 m,处于稳定状态。

H2 滑坡体上次级土质滑坡(H2-1)自重+地表荷载(工况 1)条件下稳定系数为 1.644~2.228,滑坡处于稳定状态;在自重+地表荷载+50 年一遇暴雨(q 全)(工况 8),滑坡稳定性系数为 1.053~1.087,滑坡处于基本稳定状态。

H3 滑坡堆积体在各种工况下稳定性系数为 1.285~1.793,为稳定状态。

从滑坡稳定性计算结果来看,杨家坝滑坡整体在各种工况下均是稳定的,仅有局部地段(H2-1)滑坡有变形的可能。

4 结语

采用极限平衡法对该滑坡体进行分析,得出杨家坝滑坡整体在各种工况下均是稳定的结论,仅有局部地段(H2-1)滑坡有变形的可能。

参考文献:

- [1] 冯晓亮,李远宁.三峡库区云阳县滑坡 GPS 变形监测网基准稳定性分析[J].探矿工程:岩土钻掘工程,2008,35(7):56-57.
- [2] 臧亚君,刘东燕,蒋克锋.重庆矿区矸石山滑坡成因分析[J].地质与勘探,2008,44(4):21-23.
- [3] 刘礼领,殷坤龙.暴雨型滑坡降水入渗机理分析[J].岩土力学,2008,29(4):5-6.
- [4] 雒 浩.中家湾滑坡稳定性与防治措施[J].山西建筑,2007,33(13):103-104.

Landslide stability analysis of Yangjiaba based upon limit equilibrium method

LUO Xiang-kui FU Xu-hui

Abstract: It introduces the general situation and harm of Yangjiaba landslide in Yunyang county, takes limit equilibrium method to make a comprehensive analysis and evaluation of this landslide body, and gets the conclusion that Yangjiaba landslide is stable on the whole in all working condition, and only partial section of H2-1 landslide is possible to deform.

Key words: landslide, limit equilibrium method, stability, comprehensive evaluation

(上接第 102 页)

Second-order analysis on the large-chassis-mount multi-tower structure with consideration of floor deformation

GUO Lei JIA Xiao-kun WANG Cong-ying

Abstract: The author adopts continuous assumption, regards frame and shear wall structure lateral unit as the beam of shear deformation, establishes Hamilton dual system of the second-order analysis on the large-chassis-mount multi-tower structure based on the cooperative analysis of the elastic floor. By using precious integration method, the author gets the system's highly accurate numerical solution, provides a set of methods about analyzing large-chassis-mount multi-tower structure second-order effect with consideration of floor deformation.

Key words: floor deformation, second-order analysis, precious integration method, Hamilton canonical equation