

酉阳龚滩新镇易滑体稳定性分析及评价

易朋莹^{1,3}, 邓时义², 张顺斌³

(1. 重庆市地质矿产勘查开发局南江水文地质工程地质队, 重庆 401147; 2. 四川宏扬建筑集团有限公司, 成都 641500;
3. 重庆市高新工程勘察设计院有限公司, 重庆 400042)

摘要:根据重庆市酉阳龚滩新镇迁建区内软弱易滑层复杂特征,采用室内试验、现场大剪试验和反算参数综合确定计算参数,并根据乌江水位变化特征设置5种计算工况,评价场地稳定性和适宜性,并提出了工程措施建议,为场地边坡治理提供了重要的依据。

关键词:软弱易滑层;现场大剪试验;反算分析;稳定性评价;适宜性分区

中图分类号: TN949. 22

文献标识码: A

受乌江彭水电站蓄水淹没影响,酉阳县龚滩镇将搬迁至原址下游约1.5 km的乌江右岸燕子崖至移民新村一带,面积约0.8 km²,其稳定性受软弱易滑层控制,2007年2月至4月在迁建区内多次发生岩体滑塌,严重影响迁建工程建设。

由于软弱层带的物理力学性质远低于周围岩体,是控制岩体稳定性的重要边界^[1-3],控制着90%以上崩滑体的稳定性,且常常赋存于复杂的地质环境中,其工程特性是物质基础与环境条件共同作用的结果^[4-6]。龚滩新址位于酉阳县西部崖门底附近,该区域地层中夹有数层厚度不足10 cm的黑色沥青质、炭质灰岩^[7]的软弱层,控制了该区域内大量斜坡的稳定性,本文结合酉阳龚滩新镇迁建区内的软弱易滑层带分析斜坡稳定性,为工程建设提供依据。

1 工程概况

1.1 地质构造特征

迁建区属岩溶河谷地貌,地形总体为东高西低倾向乌江的圈椅状顺向坡,坡角与岩层倾角大致相等为18°~32°。岩层主要为二叠系上统长兴组P₂C¹、二段灰岩;其中二段(P₂C²)灰岩为浅灰、灰色,细晶结构,局部微晶结构,偶见生物碎屑结构,局部含燧石结核和团

块,长兴组一段(P₂C¹)灰岩呈深灰、黑灰色,微晶结构,局部细晶结构,偶见生物碎屑结构,厚层状构造,层面平直,局部含燧石结核和团块,有沥青质臭味。场地主控构造为NNW向展布的龚滩向斜,地层产状较为稳定,产状为265°~330°,∠18°~32°,倾向由南至北由265°~330°,由西向东逐渐变缓。在场地北侧道公岩至小银滩、燕子岩南侧陡崖下发育两条逆断层(F₁、F₂):F₁断层位于燕子岩南侧陡崖下,走向约80°,倾向北西,倾角55°~62°;F₂断层位于场地北侧道公岩至小银滩,走向约100°,倾向北,倾角60°。场地受构造影响,区内主要发育3组裂隙:L₁裂隙倾向110°~125°,倾角80°~85°;L₂裂隙倾向180°~200°,倾角65°~80°;L₃裂隙倾向140°~150°,倾角50°~62°。

1.2 软弱易滑层特征

场地内含基岩中三层软弱易滑层,各层特征如下:

(1) M₁为复合层,位于长兴组二段顶部,共计五层顺层面分布,夹于中厚至厚层状灰岩间,层间相距0.14~0.50 m,第四子层软弱层层厚30~70 mm,最厚处可达100 mm,总体上略显西厚东薄特点,其余软弱层层厚小于10 mm。该软弱层位于长兴组顶部0~1.5 m间。主要由粘土和少量含炭质灰岩的风化物组成。

(2) M₂位于长兴组一、二段接触面,为单一层,层厚

收稿日期:2011-06-13

作者简介:易朋莹(1977-),男,四川平昌人,高级工程师,硕士,主要从事地质灾害防治与预警方面的研究,(E-mail) yipyipy@126.com

60 ~ 100 mm, 由褐黄色红粘土和少量褐黄色钙质物组成。

(3) M_3 为复合层(共计 5 层), 位于长兴组一段顶部地带 5 m 范围内, 层间间距 0.4 ~ 1.0 m, 最大单层厚度 200 mm, 一般小于 100 mm。

2 强度参数选取

计算参数选取是评价该软弱易滑层带稳定性的关键, 本次计算采用室内试验、现场大剪试验和反分析综合确定。

2.1 室内试验成果分析

区内易滑体包含填土、粘土、碎块石土、滑坡堆积土及灰岩, 滑体重度取值见表 1。软弱易滑层带主要是粘土以及灰岩, M_1 、 M_3 含炭质灰岩风化形成原生红粘土, M_2 含由地下水充填的次生红粘土。易滑层由红粘土和含炭质灰岩组成, 其中土体的强度室内试验是剔除了粗颗粒物后的红粘土重塑排水直剪试验, 其强度参数取值见表 2。

表 1 易滑体岩土重度指标

土的类型	填土	粘土	碎块石土	滑坡堆积土	灰岩
天然重度 (kN/m ³)	20.0	17.5	22.0	21.8	26.75
饱和重度 (kN/m ³)	20.8	17.8	22.8	22.6	26.80

表 2 易滑层土体强度参数

层位	天然强度		饱和强度	
	c (kPa)	φ (°)	c (kPa)	φ (°)
M_1	26.8	7.7	17.6	5.8
M_2	24.7	6.7	15.0	5.1
M_3	19.2	5.7	11.6	3.5

2.2 现场大剪试验成果分析

现场大剪试验能够在保持土体的天然状态, 减少对土体的扰动, 接近地质体的真实受力状况, 有利于获得接近实际的强度参数, 现场大剪试验受力示意图如图 1 所示。

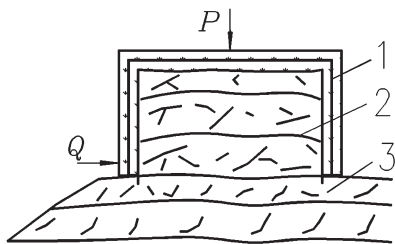


图 1 适宜性分区图

1 - 钢筋混凝土护罩; 2 - 岩体软弱面; 3 - 岩体

通过大剪试验所获的成果, 计算法向应力和剪切应力:

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad \tau = \frac{Q}{A} \quad (1)$$

σ : 作用于剪面上的法向应力, MPa。

τ : 作用于剪切面上的剪应力, MPa。

p : 作用于剪切面 E 的总法向荷载 kN。

Q : 作用于剪切面上的总剪切荷载 kN。

A : 试体剪断面积。

通过绘制法向应力 - 剪应力关系曲线及剪应力 - 剪位移关系曲线, 按最小二乘法确定抗剪强度参数。试验结果见表 3。

表 3 现场大剪试验成果表

参数	M_1		M_2		M_3	
	峰值	残值	峰值	残值	峰值	残值
φ (°)	28.5	24.49	18.12	15.67	24.77	26.53
c (kPa)	67	48	48	38	63	43

2.3 反算参数校核

反算法的基本原理是把已经出现较大变形但尚未滑动的瞬间视为极限平衡状态, 即稳定系数 $F_s = 1$, 根据极限平衡方程来求解 c 值或 φ 值。采用反算法来检验滑体抗剪强度指标。

选择场地东侧的燕子崖欠稳定斜坡体为计算模型, 其破坏模式为沿 M_2 平面滑动, 该斜坡在降雨后出现明显变形但尚未滑塌, 在饱和状态下处于极限平衡状态, 稳定系数取 1.0。根据大剪试验(饱和)峰值 $\varphi = 18.12^\circ$, 摩擦强度 $\varphi = 15.67^\circ$, 综合取饱和和抗剪峰值 $\varphi = 16^\circ$ 进行反算, 滑面抗剪强度敏感性分析见表 4, 求得饱和和抗剪峰值 c 为 43 kPa。

表 4 抗剪强度指标敏感性分析

c (kPa)	φ (°)				
	15	16	17	18	19
35	0.904	0.937	0.970	1.004	1.038
40	0.967	0.999	1.033	1.066	1.100
45	1.029	1.062	1.095	1.128	1.162
50	1.091	1.124	1.157	1.191	1.225
55	1.154	1.187	1.220	1.253	1.287

2.4 成果对比分析

由于室内试验将土样中较大颗粒的钙质物等剔除, 按均匀土质考虑, 故室内试验值偏低, 而现场试验中 M_1 、 M_2 、 M_3 软弱层上下岩层面凹凸不平, 层厚不均, 与易滑层实际受力状态较接近, 因此本次取值以现场大剪试验值为主, 室内试验值仅作参考, 同时采用反算参数进行校核, 最终确定抗剪强度指标, 各软弱易滑层抗剪强

度参数值见表5。

表5 各软弱易滑层抗剪强度参数表

层位	c (kPa)		φ (°)	
	天然	饱和	天然	饱和
M ₁	48	47	24.5	21.3
M ₂	45~60	40~53	17~22	15~21
M ₃	48~63	43~52	17~24.5	16~20.8

3 软弱易滑带的稳定性分析及评价

3.1 软弱易滑层宏观稳定性分析

场地为东高西低倾向乌江的顺层岩质斜坡,地形坡角 $15^{\circ}\sim 35^{\circ}$,与岩层倾角一致。在斜坡的岩体中沿层面发育M₁、M₂和M₃软弱易滑层,其中M₁软弱易滑层仅在小银滩滑坡一带分布,M₂、M₃软弱易滑层在拟建区均有分布,受乌江的切割及工程建设影响,M₁软弱易滑层在小银滩滑坡多处临空,M₂、M₃软弱易滑层在燕子岩斜坡地带临空;在工程建设加载和库水影响下,临空岩体可能沿软弱易滑层滑移失稳。

3.2 稳定性计算

根据易滑体为平面滑动,稳定性计算采用极限平衡法。根据乌江水位变化特征,按以下五种工况进行稳定性分析:

工况1:现状工况,现状条件下自重。

工况2:暴雨工况,暴雨条件下自重力。

工况3:暴雨工况,暴雨条件下自重力+建筑荷载。

工况4:暴雨+建筑荷载+高水位(建库后20年一遇洪水位)。

工况5:暴雨+建筑荷载+水位降(建库后20年一遇洪水位293.80m降至287.00m)。

3.3 稳定性评价及适宜性分区

依照上述的计算方法及参数取值对该软弱易滑层带进行稳定性计算,将场地内稳定性为基本稳定至稳定区划为可建区(用“K”表示),将欠稳定至不稳定区划为慎建区(用“S”表示),根据计算结果及结合现场调查对斜坡进行稳定性评价和适宜性分区:

(1)K1区位于拟建区北东侧(小银滩滑坡北侧),该区M₂、M₃埋深较大且前缘不临空,对斜坡稳定性无影响。本区地形坡度坡角 $15^{\circ}\sim 25^{\circ}$,发育M₁软弱易滑层,总体上M₁不临空,但因工程建设开挖数条大基坑,使部分M₁层外倾临空,该软弱层埋深1.0~1.5m,稳定性计算表明:该区介于基本稳定与稳定之间。

(2)K2分布于拟建区南东侧(燕子岩斜坡),M₁软

弱位于该区外,M₂、M₃软弱易滑层埋深较大,不临空,软弱层对场地稳定性影响小,稳定性计算表明:该区介于基本稳定与稳定之间。

(3)S1位于拟建区北侧(小银滩滑坡),该区不受M₂、M₃软弱层的影响,受M₁软弱层影响小,目前已完成了对小银滩滑坡治理,目前未见新的变形迹象,但坡面加载后在控制工况下介于欠稳定至不稳定之间。

(4)S2位于拟建区南西侧(燕子岩斜坡),该区稳定性不受M₁软弱层的影响,受乌江切割深作用M₂、M₃部分地段临空,滑体可能失稳滑塌,稳定性计算结果表明:该区部分地段在控制工况下介于欠稳定与不稳定之间。

3.4 工程措施建议

根据稳定性计算结果,对场地进行适宜性分区,分区如下:

(1)K1区工程建设基础应穿过软弱层,进入下部较完整的基岩中,K2区要依山就势,尽量低挖低填,避免形成深挖高填边坡;当M₂、M₃软弱易滑层临空时,应严格按照设计要求进行处置。

(2)S1区建设应与滑坡治理密切结合,且注意局部土体滑塌问题,S2区建议该区工程要依山就势,尽量低挖低填,避免造成新的外倾临空面,如图2所示。

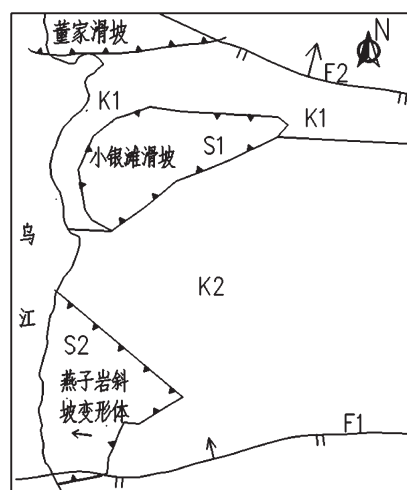


图2 适宜性分区图

5 结束语

本文根据西阳龚滩新镇迁建区内软弱易滑层物质组成的复杂特征,采用室内试验、现场大剪试验和反算分析等综合确定计算参数,并根据乌江水位变化特征设置了5种工况进行稳定分析,并据此对场地给出适宜性分区及建议。

参考文献:

- [1] 蒋勇军,况明生,李林立.重庆地质灾害研究[J].中国地质灾害与防治学报,2004,15(3):19-24.
- [2] 李守定,李晓,吴疆.大型基岩顺层滑坡滑带形成演化过程与模式[J].岩石力学与工程学报,2010,26(12):2473-2480.
- [3] 简文星,殷坤龙,马昌前.万州侏罗纪红层软弱夹层特征[J].岩土力学,2005,26(6):901-914.
- [4] 李守定,李晓,刘艳辉.千将坪滑坡滑带地质演化过程研究[J].水文地质工程地质,2008,2(9):18-23.
- [5] 徐则民,黄润秋,唐正光.头寨滑坡的工程地质特征及其发生机制[J].地质论评,2007,53(6):691-698.
- [6] 聂德新,张咸恭,韩文峰.软弱层带工程地质评价中的几个问题[A].第四届全国工程地质大会论文集[C].北京:海洋出版社,1992.603-609.
- [7] 酉阳幅区域地质测量报告[R].成都:四川省地质局一〇七地质队,2007.

Slippery Layer Stability Analysis and Evaluation of the New Gongtan Town in Yonyang

YI Peng-ying^{1,3}, DENG Shi-yi^{1,3}, ZHANG Shun-bin^{1,3}

- (1. Chongqing Bureau of Geology and Minerals Exploration Nanjiang Hydrogeological & Engineering Geology Brigade, Chongqing 401147, China;
2. Sichuan Hongyang Construction Clan Company, chengdu 641500, China;
3. Chongqing Hi-Tech Engineering Reconnaissance & Design Institute, Chongqing 400042, China)

Abstract: According to the complicated features of softly slippery layer in the area of Chongqing Youyang Gongtan, the shear strength parameters of softly slippery layer are determined by the laboratory tests, locate large-scale shearing test and anti-analysis. Five kinds of computing work are designed according to the water level change feature in Wujiang river, we analyzed and evaluated site stability and suitability, and made suggestions about project, provide important basis for site slope optimum.

Key words: soft slippery layer; locate large-scale shearing test; anti-analysis; stability evaluation; appropriate zoning