

吴瑞安, 魏云杰, 冀承蕾. 三峡库区软硬互层岩质滑坡变形机制分析——以云阳向城小学滑坡为例[J]. 灾害学, 2018, 33(2): 212-217. [WU Ruian, WEI Yunjie and JI Chenglei. Analysis of deformation mechanism of slope with soft and hard rock interbedded structure in Three Gorges reservoir area: a case study of Xiangcheng elementary school in Yunyang[J]. Journal of Catastrophology, 2018, 33(2): 212-217. doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2018.02.037.]

三峡库区软硬互层岩质滑坡变形机制分析 ——以云阳向城小学滑坡为例*

吴瑞安¹, 魏云杰², 冀承蕾³

(1. 中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081; 2. 中国地质环境监测院
(国土资源部地质灾害应急技术指导中心), 北京 100081; 3. 青岛黄海学院, 山东 青岛 266427)

摘要: 三峡库区云阳县向城小学滑坡自2011年来一直持续变形, 其稳定性及变形发展趋势密切关系到坡体上居民的生命财产和长江航道的安全。基于现场调查和工程地质勘察, 详细介绍了滑坡发育特征; 采用X射线衍射和电镜扫描分析了泥岩软弱夹层的矿物组分和微观结构, 并结合室内试验探究其膨胀性和崩解性; 从岩体建造特征、构造影响以及外动力作用等方面分析了滑坡的变形失稳机制。研究表明: 向城小学滑坡为软硬互层结构的岩质滑坡, 其稳定性主要受泥岩演化而成的软弱夹层控制, 其变形破坏模式为蠕滑-拉裂-剪断式; 软弱夹层主要粘土矿物为伊利石和伊利石-蒙脱石混层矿物, 具较好的亲水性和一定的不稳定性, 崩解性较好, 微观结构以片状结构为主, 部分呈层状定向排列; 构造作用和岩体的建造特征对滑坡的形成演化起到控制性作用, 降雨和库水位升降变化的耦合作用对滑坡变形发展起到促进作用。

关键词: 岩质滑坡; 软硬互层; 变形失稳机制; 三峡库区; 向城小学滑坡

中图分类号: X43; TU457; P64 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2018)02-0212-06

doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2018.02.037

三峡库区自蓄水以来, 陆续发生了许多古老滑坡复活和大型新生滑坡^[1-5]。三峡库区蓄水到135 m水位后不久, 2003年7月13日秭归县千将坪村发生体积约2 400万m³的山体滑坡, 造成惨重的人员伤亡和经济损失, 其中24人死亡或失踪, 房屋大量倒塌, 滑体一度中断交通并堵塞青干河^[6]。千将坪滑坡是三峡库区典型的岩质滑坡, 类似的还有宝塔滑坡、藕塘滑坡等^[7-8]。据统计, 岩质滑坡占三峡库区滑坡总量的62%^[9], 因此, 开展岩质滑坡的变形失稳机制分析对三峡库区防灾减灾工程具有重要的现实意义。

学者们对库区岩质滑坡的形成机理和变形机制进行过诸多有意义的研究。Wang等^[10]通过分析千将坪滑坡地质环境条件、斜坡岩体结构和变形破坏特征, 探讨了该滑坡的形成影响因素和变形失稳机制; 李守定等^[9]在分析千将坪滑坡滑带宏观结构的基础上, 探讨了滑带形成演化过程, 认为内外动力耦合作用加剧层间剪切带物理力学性质弱化促使千将坪滑坡的发生; 文宝萍等^[11]采用

敏感性分析方法, 研究了水在千将坪滑坡中的定量作用机理, 认为水对切层段泥岩抗剪强度的弱化作用对滑坡稳定性影响最大; 李守定等^[7]借助X射线衍射试验、扫描电镜、X射线能谱试验、物理化学试验和地下水水质分析, 研究了宝塔滑坡泥岩泥化过程中的水岩相互作用, 认为泥化夹层是滑坡发生的重要原因; 肖诗荣等^[12]总结对比了瓦伊昂水库滑坡、塘岩光滑坡以及千将坪滑坡三大水库型顺层岩质滑坡的工程地质条件, 提出了库水浮托与滑带浸泡软化二者耦合作用下的滑坡诱发机制; 代贞伟等^[8,13]基于野外调查和室内试验分析, 从地质和环境两方面分析了藕塘滑坡的形成机制和演化过程, 认为软硬夹层的地质结构是滑坡形成的主控因素, 集中降雨和库区蓄水诱发了滑坡的复活。

2011年3月以来, 云阳县向城小学滑坡上开始出现大量地表裂缝, 坡上房屋开裂。滑坡一旦失稳, 不仅危害着滑坡体上居民的生命财产安全, 同时还威胁着长江航道安全。本文在现场调查和滑

* 收稿日期: 2017-09-20 修回日期: 2017-11-20

基金项目: 中国地质调查基金项目(DD20179609)

第一作者简介: 吴瑞安(1991-), 男, 湖北荆州人, 博士研究生, 主要从事工程地质与地质灾害方面的研究。

E-mail: wuruian1991@126.com

通讯作者: 魏云杰(1973-), 男, 河南商丘人, 博士, 教授级高工, 主要从事地质灾害与岩土工程等相关方面的研究。

E-mail: wyj1973@126.com



图1 向城小学滑坡地理位置及全貌特征

坡勘察基础上, 结合对软弱泥化夹层微观结构、矿物成分、水理特性等方面的研究, 从岩体建造、构造及外动力作用等方面阐述了该滑坡的变形失稳机制, 为类似岩质滑坡的变形失稳机制分析和工程治理方案选取提供借鉴。

1 向城小学滑坡概况

1.1 滑坡区地质条件

三峡库区向城小学滑坡位于长江左岸(图1), 隶属云阳县栖霞镇古城村五组, 地处四川盆地东部丘陵向山地过渡地带, 属侵蚀丘陵地貌, 构造上位于万州复向斜北西翼。滑坡区为单斜地层, 主要出露的基岩为侏罗系上统遂宁组(J_{3s})的长石砂岩和粉砂质泥岩, 呈互层结构产出, 产状为 $178^\circ \angle 33^\circ$, 与斜坡坡向大体一致, 岩体中构造裂隙发育, 结构完整性差。基岩上覆第四系全新统残坡积层(Q_4^{el+dl})。滑坡区属于亚热带暖湿季风气候区, 降水充沛, 夏季多暴雨洪涝, 年平均降雨量 1 145.1 mm, 平均日最大降雨量为 126 mm, 5-10 月降雨占全年降雨量的 79%。

1.2 滑坡发育特征

向城小学滑坡整体地形北高南低, 主滑方向 183° , 后缘高程约 250 m, 前缘剪出口高程为 143~167 m。滑坡地表前缓后陡, 中前部坡度约为 25° , 后缘地势较陡, 坡度约 35° 。滑坡整体呈圈椅状(图2), 东西两侧分别以冲沟和山脊为界, 冲沟内出露基岩。滑坡平均纵长约 150 m, 横宽约 450 m, 面积约 6.75 万 m^2 , 滑体平均厚约 18 m, 体积约 135 万 m^3 。

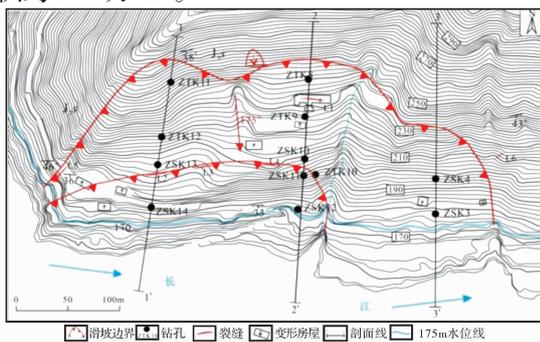


图2 向城小学滑坡工程地质平面图

根据钻孔资料, 向城小学滑坡主要由第四系

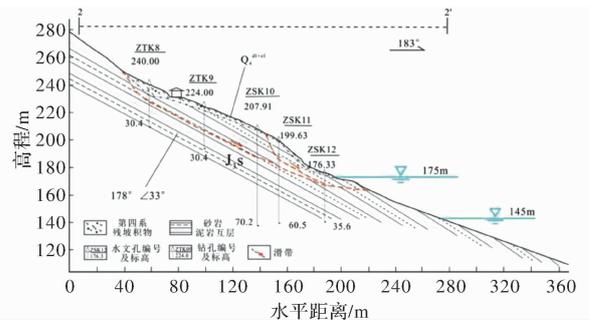


图3 向城小学工程地质剖面图

残坡积(Q_4^{el+dl})的粉质粘土夹碎石和侏罗系上统遂宁组(J_{3s})粉砂质泥岩、长石砂岩组成。棕黄、红褐色的粉质粘土夹碎石, 碎石岩性为强风化砂岩、泥岩, 粒径一般 2~10 cm, 最大可达 30 cm, 含量 5%~20%, 厚 0.5~8.0 m 不等。紫红色的粉砂质泥岩, 呈中厚层状, 性质较软, 易风化。灰绿色的长石砂岩呈中-厚层状, 层厚多大于 0.5 m, 岩性较坚硬, 抗风化能力强。粉砂质泥岩和长石砂岩形成软硬互层结构。钻孔揭露出了多层层间破碎带, 物质成分主要为粉砂质泥岩, 滑带沿破碎夹层发育, 呈折线形, 目前未完全贯通。滑坡典型工程地质剖面 2-2' 如图 3 所示。

现场调查发现, 向城小学滑坡地表宏观变形迹象明显(图4)。由于堆积体沿基岩顶面下错滑移, 滑坡后部出现了长约 50 m、宽约 0.1 m 的弧形拉裂缝, 走向大体垂直于坡向, 垂直位移达 0.2 m(图4b)。滑坡中后部房屋内地面开裂, 裂缝 L1 延伸 9.2 m, 宽 0.25~0.5 m。滑坡中下部发育有一小型次级滑坡, 下错较明显, 后缘高程约在 210 m, 在后缘边界发育多条拉张裂缝, 较显著的裂缝有 L2、L3、L4。裂缝 L2 走向约 85° , 长 18 m、宽 0.2~0.4 m、垂直位移达 0.1 m。裂缝 L3 长 24 m、宽 0.4~0.6 m、下错量 0.3~0.45 m。裂缝 L4 长 14 m、宽 0.4~1.3 m、下错量最大达 1.2 m。滑坡西侧还发育有多条剪切裂缝(图4c), 较明显的有 L5, 延伸 5.7 m, 宽 0.4~0.7 m, 最深达 0.8 m。滑坡体东侧中部的池塘、房屋受斜坡变形影响而开裂(图4a, 图4d)。

另外, 滑坡体上部岩体产状紊乱, 产状分别为 $227^\circ \angle 24^\circ$ 、 $305^\circ \angle 44^\circ$, 与稳定基岩产状不一致。滑坡前缘岩体松动架空, 结构面张开, 地表变形明显。结合地面调查和勘察钻孔资料, 判定向城小学滑坡为顺层岩质滑坡。

2 泥岩软弱夹层的结构与特征

对向城小学滑坡的粉砂质泥岩软弱夹层进行 XRD 全岩分析可知(表 1), 其主要矿物类型为石英、方解石及粘土矿物等, 其中粘土矿物含量最高, 占 40.2%, 石英占 34.1%, 方解石占 11.9%。粉砂质

泥岩胶结极为松散, 遇空气容易风化, 遇水后迅速软化甚至泥化。从表 1 可以看出, 175 m 水位以下的泥岩软弱夹层中粘土矿物含量大于 50%, 而 175 m 库水位以上的泥岩软弱夹层中的粘土矿物含量小于 40%。表明库水对泥岩中粘土矿物的含量有一定影响, 库水长时间的浸泡作用利于泥岩粘土矿物的含量增加。

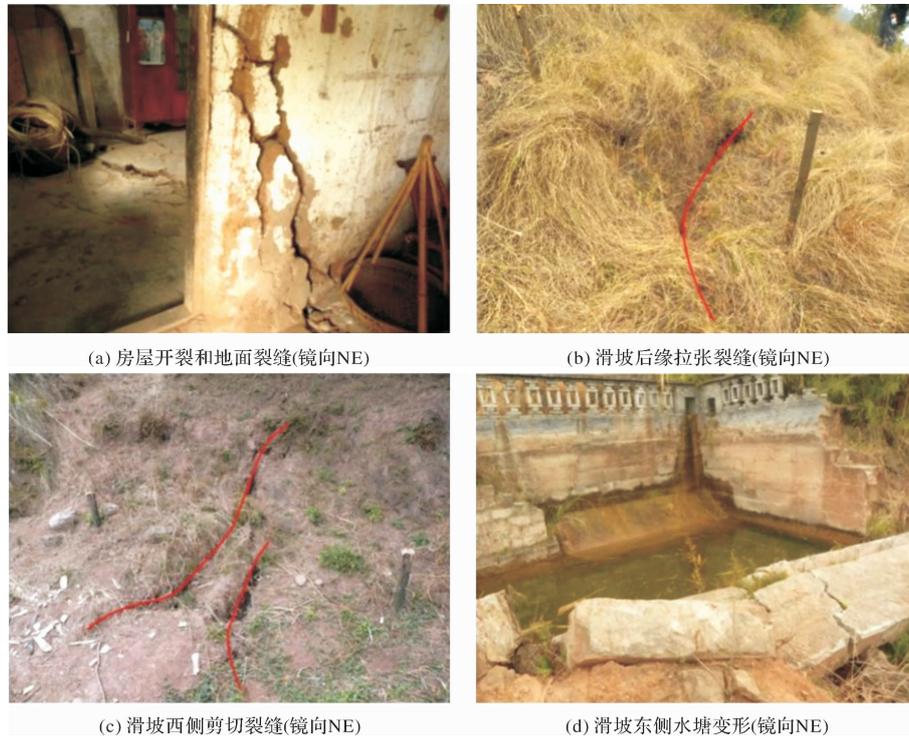


图 4 向城小学滑坡变形破坏特征

表 1 全岩 X 衍射定量分析结果

取样位置	试样编号	矿物含量 / %							
		石英	钾长石	斜长石	方解石	白云石	赤铁矿	粘土矿物总量	
175 m 水位线以上	ZTK10	XC01	39.2	1.0	11.8	8.6	1.0	3.0	35.4
	ZTK10	XC02	35.4	0.7	9.5	12.7	0.9	3.1	37.7
	ZTK10	XC03	38.1	0.7	8.6	10.2	2.0	2.6	37.8
	ZTK12	XC04	37.3	3.2	9.0	17.2		2.4	30.9
	ZTK12	XC05	33.8	5.1	9.6	12.7	0.9	2.2	35.7
175 m 水位线以下	ZTK10	XC06	25.0	0.9	3.5	12.7	0.7	4.1	53.1
	ZTK12	XC07	30.0	0.9	5.2	9.0		4.3	50.6

表 2 粘土矿物 X-衍射定量分析结果

取样位置	试样编号	粘土矿物相对含量 / %						混层比 / %	
		S	I/S	I	K	C	C/S	I/S	C/S
175 m 以上	XC01		57	32		11		10	
	XC02		61	29		10		25	
	XC03		53	33		14		10	
	XC04		56	34		10		15	
	XC05		48	39		13		10	
175 m 以下	XC06		51	37		12		10	
	XC07		55	35		10		15	

注: I. 伊利石; C. 绿泥石; S. 蒙脱石; I/S. 伊利石-蒙脱石混层矿物; C/S. 绿泥石-蒙脱石混层矿物。

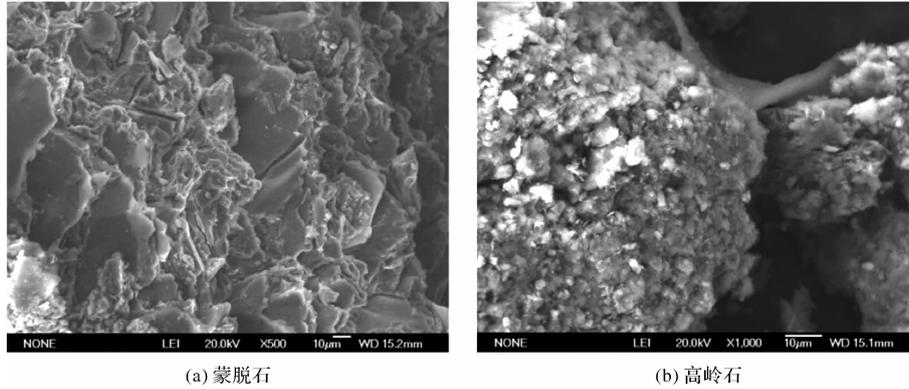


图5 软弱夹层中片状粘土矿物微观结构

表3 粉砂质泥岩膨胀崩解试验结果

试样编号及名称	XCR1 粉砂质泥岩	XCR2 粉砂质泥岩	XCR3 粉砂质泥岩	XCR4 粉砂质泥岩	XCR5 粉砂质泥岩
膨胀力 p_e/MPa	3.58×10^{-3}	2.66×10^{-3}	3.72×10^{-3}	2.76×10^{-3}	3.38×10^{-3}
600kPa 下的有载膨胀率 $\delta_{ep}/\%$	0.003	0.002	0.003	0.002	0.003
耐崩解性指数 $I_{d2}/\%$	50.56	53.59	50.38	51.95	50.115

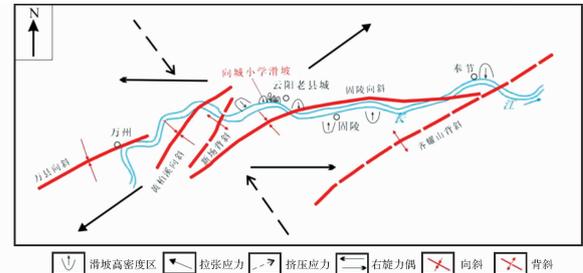
粘土矿物在软弱夹层中所占比例较高, 其性质直接影响着泥岩的力学强度和水理特性。根据粘土矿物 X-射线衍射定量分析结果(表 2)可知, 粘土矿物主要以伊利石和伊利石-蒙脱石混层矿物为主, 且含少量绿泥石, 这些粘土矿物具较好的亲水性, 呈现不稳定的水理性质^[14-15]。在地下水活动区, 长石的水解泥化作用活跃, 化学风化后直接形成粘土矿物。泥岩软弱夹层中存在较多的伊利石和方解石矿物, 在水岩物理化学作用下, 方解石进一步溶解导致颗粒间联结力降低, 伊利石转化成膨胀性更强、抗剪强度更低的伊利石-蒙脱石混层矿物, 降低软弱夹层的抗剪强度。

利用电镜扫描观察软弱夹层岩体的微观结构(图 5), 发现粘土矿物以片状为主, 少量呈长条状、针叶状, 部分呈现明显的层状定向排列特征, 且发育有微孔隙, 表明向城小学滑坡变形过程中, 软弱夹层结构已经遭受一定程度的破坏。根据室内对泥岩崩解特性研究, 发现其具有较弱的膨胀性, 但是崩解性较强。由于不稳定粘土矿物的存在, 泥岩性质很不稳定, 当泥岩浸水后, 在水岩化学作用和孔隙水压力共同作用下, 微孔隙逐渐发展扩大, 易在这些不稳定矿物处形成破裂面, 破裂面多平行于层理面, 这与不稳定粘土矿物定向排列有关。随着破裂面逐渐发展贯通, 矿物发生解体分散, 最终导致岩体结构完全破坏。

3 滑坡成因机制分析

3.1 滑坡影响因素分析

向城小学滑坡前缘临江, 临空条件良好, 近

图6 区域构造与滑坡发育关系简图(据文献^[16], 有改动)

百米的高差和较陡的坡度为滑坡孕育提供了有利地形条件和运动空间。滑坡位于万州复向斜内, 该复向斜由黄柏溪向斜、新场背斜、故陵向斜组成, 呈左行雁行式排列, 叠加褶皱枢纽轴方向整体为 NE-NNE, 到故陵向斜才逐渐转为近东西向, 受右旋扭动力偶作用形成, 与此同时还形成了两组共轭剪节理系(图 6), 其中一组节理走向与长江呈锐角, 并被后期库岸边坡的卸荷裂隙所承继, 并逐渐发展成拉裂面, 控制着滑坡的发育^[16]。该区局部应力场的变化以及侏罗系上统遂宁组(J_3s)地层的分布控制着该区库岸斜坡演化, 致使单斜顺层岸坡发育, 形成该区砂岩、泥岩互层斜坡体独特的变形演化规律。构造裂隙发育, 破坏岩体的完整性, 同时为地表水的入渗提供通道。

此外, 斜坡结构和岩土体工程地质特性对滑坡的形成具有重要影响。长石砂岩透水性较强, 而粉砂质泥岩透水性较差, 形成相对隔水层, 降雨通过岩体裂缝渗入坡体后, 在泥岩和砂岩界面渗流, 形成顶托力, 促进滑坡的变形发展。同时由于泥岩中水敏性矿物存在, 在水岩物理化学作用下, 泥岩软化崩解, 强度急剧降低, 形成潜

在滑动面。“砂岩-泥岩”软硬互层的斜坡岩体结构,为滑坡的孕育和发展提供了良好的条件。当库水上升时,滑体前缘浸没区增加,地下水浸润线升高,斜坡下部的滑带发生浸润软化,力学性质变差;而当库水下降时,滑坡内的水向坡外渗流形成朝向坡外渗透力,不利于斜坡稳定。在库水位频繁涨落过程中,斜坡内地下水变化范围内的滑带土受干湿循环影响,结构劣化、强度降低。因此,库水位升降变化和降雨耦合作用对滑坡变形起到重要促进作用。

3.2 滑坡变形破坏机制分析

向城小学滑坡的变形破坏模式为蠕滑-拉裂-剪断式,其形成演化过程大体可以归纳为:构成斜坡的岩体性质不同,泥岩强度较低,容易风化,而硬脆性的砂岩强度相对更高,形成软硬互层的岩体结构,长江河谷不断下切,因岩体强度差异,自重作用下斜坡岩体向着临空方向发生差异变形,剪应力作用于泥岩与砂岩接触面,软弱泥岩中出现剪破裂,形成层间剪切带,表现出岩体沿软弱夹层向坡外变形的趋势(图7a);斜坡坡表附近应力迅速调整,在坡体内形成大致平行于坡表的压致拉裂面,岩块沿软弱层蠕滑变形,滑坡前部岩层发生弯曲隆起,后部形成拉裂缝(图7b);降雨通过裂缝入渗,水岩发生物理化学作用,泥岩软化;库水上升时浸泡滑坡前缘,地下水作用下泥岩容易泥化崩解,抗剪强度降低。滑坡后部拉裂缝和软弱层面逐渐贯通,若岩体锁固段被剪断,斜坡将发生整体失稳破坏(图7c)。

4 滑坡稳定性评价

以向城小学滑坡剖面1-1'、2-2'和3-3'为计算剖面,采用传递系数法分别计算4种工况条件(表4)下的滑坡稳定性,物理力学参数由室内试验和参数反演分析综合确定,滑坡稳定性计算结果见表5。

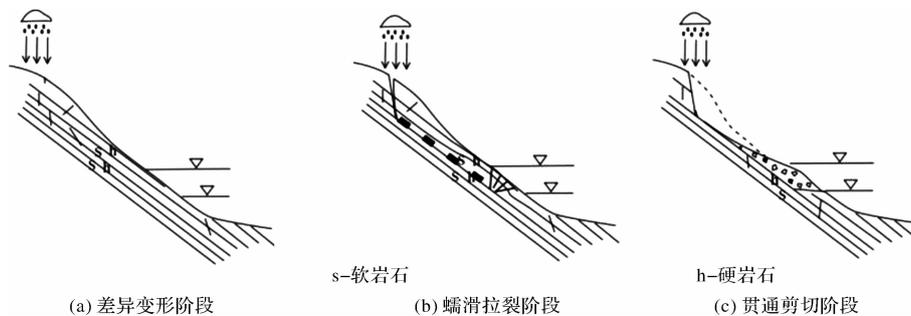


图7 向城小学滑坡形成演化过程示意图

表5 向城小学滑坡稳定性系数计算成果

剖面	重度 $\gamma/(\text{kN}/\text{m}^3)$		粘聚力 c/kPa		内摩擦角 $\varphi/(\text{°})$		不同工况下稳定性系数			
	天然	饱和	天然	饱和	天然	饱和	I	II	III	IV
1-1'	25	25.2	60	22	55	20	1.049	1.022	1.105	1.005
2-2'	25	25.2	45	20	40	18	1.058	1.024	1.080	1.003
3-3'	25	25.2	40	19	35	18	1.103	1.013	1.103	1.010

表4 计算工况及安全系数

工况	荷载组合	安全系数/ F_s
I	自重+145 m 水位	1.15
II	自重+175 m 水位+20年一遇暴雨	1.15
III	自重+145 m 水位+20年一遇暴雨	1.15
IV	自重+17.5 m 库水位降至145 m	1.15

根据计算结果,向城小学滑坡在工况I和III的条件下为基本稳定状态,在工况II和IV条件下为欠稳定状态,说明库水位下降和175m库水位叠加强降雨条件下对滑坡稳定性不利。随着库水频繁涨落变化,滑带剪切强度进一步降低,滑坡可能受强降雨和地下水位迅速变化激发而形成整体失稳,有必要加强监测,并及时开展治理工程。

5 结论

通过工程地质条件调查,查明了向城小学滑坡的斜坡变形破坏特征,重点分析了软弱夹层的工程地质特性,并从岩体的建造、构造作用以及降雨与库水位的耦合作用等方面对滑坡变形破坏机制进行了分析,得到以下主要认识。

(1)向城小学滑坡为软硬互层结构的大型岩质滑坡,其稳定性主要受粉砂质泥岩演化而成的软弱夹层的剪切强度控制,滑坡变形失稳模式为蠕滑-拉裂-剪断型。

(2)软弱夹层主要粘土矿物为伊利石和伊利石-蒙脱石混层矿物,具较好的亲水性和一定的不稳定性,微观结构以片状结构为主,部分呈层状定向排列,水岩物理化学作用下,泥岩发生软化崩解,抗剪强度降低。

(3)长石砂岩透水性较强,而粉砂质泥岩透水性较差,形成相对隔水层,降雨通过岩体裂缝渗入坡体后,在泥岩和砂岩交界面渗流,形成顶托力,特殊的软硬互层结构为滑坡孕育和发展提供了便利条件。

(4) 岩体的建造特征、构造影响等对滑坡的形成演化起到控制性作用, 降雨和库水位升降变化的耦合作用促进了滑坡变形破坏。

参考文献:

- [1] 殷跃平. 长江三峡工程移民迁建区地质灾害及防治研究[M]. 北京: 地质出版社, 2004.
- [2] 刘传正, 刘艳辉, 温铭生. 长江三峡库区地质灾害成因与评价研究[M]. 地质出版社, 2007.
- [3] 肖诗荣, 卢树盛, 管宏飞, 等. 三峡库区凉水井滑坡地质力学模型研究[J]. 岩土力学, 2013, 34(12): 3534-3542.
- [4] HU Xinli, ZHANG Ming, SUN Miaojun, et al. Deformation characteristics and failure mode of the Zhujiadian landslide in the Three Gorges Reservoir, China[J]. Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 2015, 74(1): 1-12.
- [5] HUANG Bolin, YIN Yueping, LIU Guangning, et al. Analysis of waves generated by Gongjiafang landslide in Wu Gorge, Three Gorges reservoir, on November 23, 2008[J]. Landslides, 2012, 9(3): 395-405.
- [6] 殷跃平, 彭轩明. 三峡库区千将坪滑坡失稳探讨[J]. 水文地质工程地质, 2007, 34(3): 51-54.
- [7] 李守定, 李晓, 张年学, 等. 三峡库区宝塔滑坡泥化夹层泥化过程的水岩作用[J]. 岩土力学, 2006, 27(10): 1841-1846.
- [8] 代贞伟, 殷跃平, 魏云杰, 等. 三峡库区藕塘滑坡特征、成因及形成机制研究[J]. 水文地质工程地质, 2015, 42(6): 145-153.
- [9] 李守定, 李晓, 刘艳辉, 等. 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, 35(2): 18-23.
- [10] WANG Fawu, ZHANG Yeming, HUO Zhitao, et al. The July 14, 2003 Qianjiangping landslide, the Three Gorges Reservoir, China[J]. Landslide, 2004, 1(2): 157-162.
- [11] 文宝萍, 申健, 谭建民. 水在千将坪滑坡中的作用机理[J]. 水文地质工程地质, 2008, 35(3): 12-18.
- [12] 肖诗荣, 刘德富, 胡志宇, 等. 世界三大典型水库型顺层岩质滑坡工程地质比较研究[J]. 工程地质学报, 2010, 18(1): 52-59.
- [13] 代贞伟, 殷跃平, 魏云杰, 等. 三峡库区藕塘滑坡变形失稳机制研究[J]. 工程地质学报, 2016, 24(1): 44-55.
- [14] 简文星, 童龙云. 川东天台乡滑坡滑带特征及其工程意义[J]. 工程地质学报, 2012, 20(5): 774-780.
- [15] 殷跃平, 胡瑞林. 三峡库区巴东组(T2b)紫红色泥岩工程地质特征研究[J]. 工程地质学报, 2004, 12(2): 124-135.
- [16] 张帆, 王孔伟, 罗先启, 等. 长江三峡库区构造特征与滑坡分布关系[J]. 地质学报, 2007, 81(1): 38-46.

Analysis of Deformation Mechanism of Slope with Soft and Hard Rock Interbedded Structure in Three Gorges Reservoir Area: A Case Study of Xiangcheng Elementary School in Yunyang

WU Ruian¹, WEI Yunjie² and JI Chenglei³

- (1. Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100081, China;
2. China Institute of Geological Environment Monitoring (the Ministry of Land and Resources of Geological Disasters Emergency Technical Guidance Center China), Beijing 100081, China;
3. Qingdao Huanghai University, Qingdao 266427, China)

Abstract: Continuous deformation have occurred on Xiangcheng elementary school landslide since 2011, whose stability development trend is closely related to the safety of the lives and properties of the residents on the slope. Based on detailed landslide investigation and engineering exploration, the special geologic environment and characteristics of the landslide are examined. And we analyzed the mineral composition and microstructure of mudstone weak intercalations by XRD and SEM, and also test the disintegration and expansibility of silty mudstone in the laboratory. The deformation and failure mechanism was studied from many aspects including rock mass formation, geological structure, and external dynamic function. Research shows that Xiangcheng elementary school landslide is a bedding rockslide developing in soft-hard alternant strata. The stability of the landslide is mainly controlled by weak interlayer which is evolved from mudstone. The formation and failure model of the slope is creep-rip-cut off. The main clay minerals of weak interlayer are illite and illite-montmorillonite mixed layer mineral with good hydrophilicity and instability, and the disintegration of the clay minerals performs good. The microstructure of the main clay minerals is given priority to lamellar structure, part of them present layered orientation arrangement. The formation and evolution of the landslide are controlled by combined effects including rock mass formation features, geological structure influences, the coupling effects of rainfall and water level variation play an important role on promoting the deformation of the landslide. These results can contribute to deeply understand the deformation and failure mechanism of similar landslides, and guide the disaster prevention and mitigation engineering.

Key words: Rockslide; soft-hard alternant strata; deformation and failure mechanism; Three Gorges Reservoir area; Xiangcheng elementary school landslide