

doi: 10.19388/j.zgdzdc.2017.01.10

引用格式: 连志鹏,伏永朋.梅溪河流域明水中学滑坡形成机理与稳定性评价[J].中国地质调查,2017,4(1):69-73.

梅溪河流域明水中学滑坡形成机理与稳定性评价

连志鹏,伏永朋

(中国地质调查局武汉地质调查中心,武汉 430205)

摘要: 明水中学滑坡位于梅溪河左岸,为典型的松散堆积体滑坡。通过分析坡体结构、形态、组成及变形特征等滑坡工程地质条件,认为该滑坡形成大致经历了“崩塌堆积—滑移—趋稳定—复活”4个阶段。运用 GEO-SLOPE 软件对滑坡变形状态进行定量分析,确定滑坡稳定性。计算结果表明,明水中学滑坡目前整体处于较稳定状态,发生整体滑动的可能性较小,但在天然工况下,滑坡体前缘已接近极限平衡状态,产生滑移的可能性较大。

关键词: 梅溪河; 滑坡; 形成机理; 稳定性评价

中图分类号: P642.22

文献标志码: A

文章编号: 2095-8706(2017)01-0069-05

0 引言

梅溪河为长江支流,发源于巫溪县岳王岩南麓,干流累计长约 97.7 km,流域面积约 1 979 km²。明水中学滑坡在梅溪河流域滑坡灾害中具有代表性,滑坡位于奉节县明水乡场镇,地处梅溪河左岸,为一古滑坡。“长江上游宜昌—江津段环境工程地质调查”项目曾对该滑坡进行重点勘查。本文在现场勘查的基础上,分析该滑坡的形成过程,选取滑坡体主剖面,采用 GEO-SLOPE 软件对该滑坡的稳定性进行定量分析,为后期滑坡防治工作提供参考。

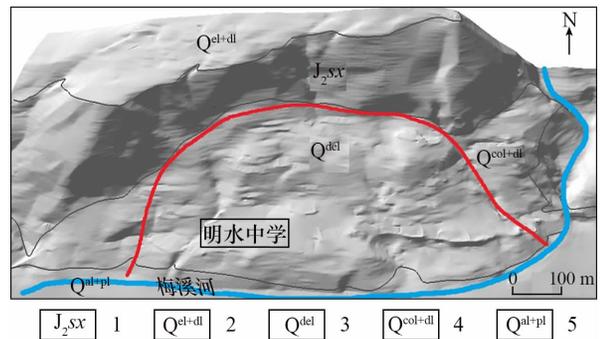
1 滑坡区地质概况

滑坡是在一定的地形、地貌、地层岩性、地质构造和气候等自然条件下发育或发生的地质现象。滑坡类型、发生分布特征及活动规律等均受自然环境条件的制约和影响^[1]。

1.1 地形地貌

如图 1 所示,明水中学滑坡为长江一级支流梅溪河左岸台阶状斜坡。斜坡后缘相对中前部较陡,坡度 20°~25°;斜地中部为自然缓坡,坡度约 15°,

经人工改造形成较宽缓的平台,一般宽 100~140 m;前缘斜坡近梅溪河河谷带坡角一般 25°~28°,部分坡角达 35°。古滑坡后部为缓坡或近似平台,两级平台高差 50~60 m,斜坡总体呈北高南低之势,构成台阶状斜坡地形。前缘梅溪河河谷宽 20~40 m,在滑坡两侧边界处变宽,宽度 150~200 m。



1. 侏罗系中统沙溪庙组; 2. 残坡积层; 3. 滑坡堆积层;
4. 崩坡积层; 5. 冲洪积层

图 1 明水中学滑坡地貌形态示意图

Fig. 1 Topography of Mingshui middle school landslide

1.2 地层岩性

滑坡区主要出露侏罗系中统沙溪庙组(J₂sx)粉砂质泥岩和泥质粉砂岩、第四系滑坡堆积层、崩坡积层、残坡积层和冲洪积层。

收稿日期: 2016-05-11; 修订日期: 2016-06-22。

基金项目: 中国地质调查局“长江上游宜昌—江津段环境工程地质调查(编号: 1212010640601)”项目资助。

第一作者简介: 连志鹏(1985—),男,硕士,工程师,主要从事地质灾害方面的研究工作。Email: lianzhipeng1985@163.com。

(1) 滑坡堆积层(Q^{del})。主要为紫红色,局部浅灰色碎块石土。碎石成分主要为紫红色泥岩和黄灰色砂岩,含量约60%,碎石粒度一般0.5~7 cm,个别粒径约10 cm;块石成分主要为黄灰色长石石英砂岩,块石粒度局部为1.0~2.3 m。分布于整个滑坡区域,平均厚25 m。

(2) 残坡积层(Q^{el+dl})。主要为紫红色粉质黏土夹碎块石,分布于山坡及山顶较平坦地区,厚度1~4 m。

(3) 崩坡积层(Q^{col+dl})。主要为紫褐色粉质黏土碎石夹块,碎块石含量30%~40%,分布于滑坡平台地段,厚度10~50 m。

(4) 冲洪积层(Q^{al+pl})。主要为砂卵石及漂(砾)石,卵石磨圆度较好,多呈亚圆状,粒度一般3~5 cm,最大可达45 cm,含量约55%,充填中粗砂。主要分布于梅溪河两岸漫滩地段,厚度2~7 m。

(5) 侏罗系中统沙溪庙组(J_2sx)。主要为紫红色薄—中层状泥岩、灰白色中厚层及巨厚层细粒长石石英砂岩。

1.3 地质构造

该区处于扬子准地台之次级构造单元——四川台坳与上扬子台褶带(亦称八面山台褶带)及大巴山台缘褶带二级构造带的交接复合部位。区内

及其附近未见断层,主要发育3组裂隙:①走向 $220^\circ \sim 230^\circ$,倾向北西,倾角 $6^\circ \sim 8^\circ$,张开宽度0.5~5.0 cm,间距0.3~1.5 m,泥质充填,裂隙面较平直,延伸长度 >10 m;②走向 $300^\circ \sim 310^\circ$,倾向南西,倾角 $70^\circ \sim 80^\circ$,张开宽度0.5~4.0 cm,间距0.3~1.0 m,少量泥质充填,裂隙面较平直,延伸长度一般 <5 m,局部穿层;③走向 $250^\circ \sim 260^\circ$,倾向北西,倾角 $80^\circ \sim 85^\circ$,张开宽度0.3~3.0 cm,间距0.2~1.2 m,无充填,裂隙面较平直,延伸长度较小,局部穿层。

2 滑坡地质特征

2.1 形态特征

明水中学滑坡边界特征明显。后缘以土层与基岩交接面为界,高程345 m;前缘以梅溪河为界,高程194~197 m;西侧明水中学以西以第二处冲沟为界;东侧以瓦子坪小学东侧50 m处冲沟为界。滑坡体南北长550 m,东西平均宽720 m,平均厚约25 m,面积 39.6×10^4 m²,体积 990×10^4 m³,主滑方向为 170° (图1)。

2.2 物质结构

据钻孔资料,该滑坡体自上向下分为3层(表1)。

表1 滑坡体物质结构

Tab.1 Structure and constituents of the landslide

名称	成分	特征
滑体	碎块石土	紫红色,局部浅灰色,稍湿—湿,硬—可塑。碎石成分主要为紫红色泥岩和黄灰色砂岩,强风化,棱角一次棱角状,含量约60%;碎石粒度一般0.5~7 cm,个别粒径约10 cm。块石成分主要为黄灰色长石石英砂岩,中风化,粒度一般20~55 cm,局部达1.0~2.3 m。分布于整个滑坡区,平均厚25 m
滑带	粉质黏土夹泥岩颗粒	紫红色,埋深约25 m,厚度0.1~0.4 m。稍湿,软—可塑状,碎石表面具有磨光现象,滑面可见光滑镜面及角砾土。滑带土前缘一般出现在下伏砂卵石层上部,滑面倾角一般较平缓
滑床	粉砂质泥岩	侏罗系中统沙溪庙组(J_2sx),紫红色,薄层状构造,强—中风化,岩层倾向NW,倾角约 11°

2.3 变形特征

据资料^[2]记载,在1975年和1982年,该滑坡发生过两次局部变形破坏。2001年以来,滑坡体前缘每年均发生不同程度的变形,具体表现为滑体前缘渝巴公路两侧房屋出现拉裂。2002年,滑坡前缘再次蠕滑变形,渝巴公路及公路两侧房屋发生大规模开裂和下沉,路面开裂达200 m,可见及的最大深度为1.8 m,水平位移最大10 cm,垂直位移最大达

18 cm,裂缝走向与滑坡滑动方向近垂直。公路两侧的房屋几乎均有不同程度的开裂,且开裂程度逐年加剧。裂缝宽度由2001年的几毫米演变为目前的十几厘米,发展速度近4 cm/a。目前,该滑坡体上多处房屋已成危房,个别房屋内地面有隆起现象。近几年来,位于滑坡体中部的明水中学操场及教学楼也发生变形开裂,滑坡变形区域正逐渐向后扩展(图2)。

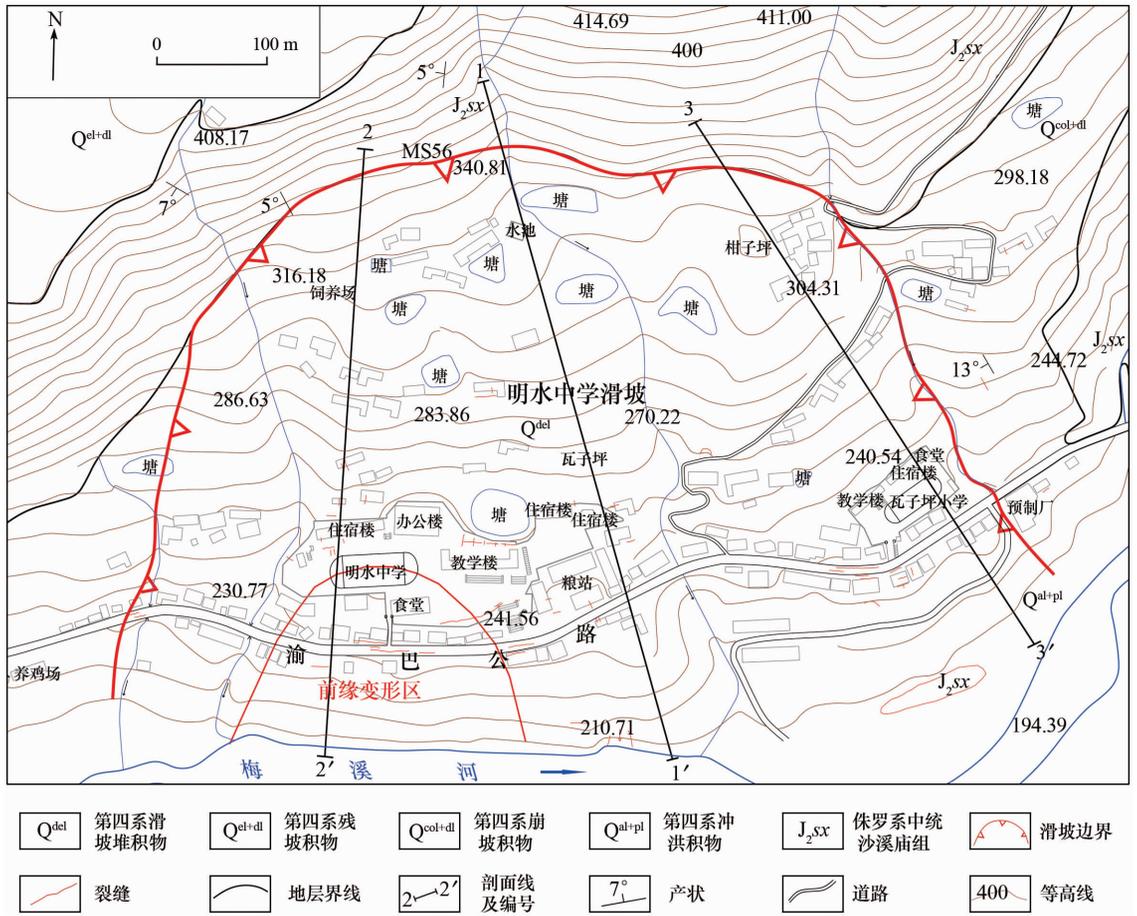


图 2 明水中学滑坡工程地质平面图

Fig. 2 Engineering geological plane of Mingshui middle school landslide

3 滑坡形成过程

根据现场调查及勘查资料分析可以确定,明水中学滑坡为复活性牵引式中层松散层土质岩床类滑坡^[3-5],是梅溪河河谷岸坡自然演化过程中发生的一种表生改造现象,其发育和分布特征与地形地貌、地层岩性及地质构造密切相关,同时受河流侵蚀、风化、降雨等影响^[6-9],滑坡形成大致经历了“崩塌堆积—滑移—趋稳定—复活”4个阶段。

(1)梅溪河由西向东流经此处,河流下切,伴随区域地壳间歇性隆升,逐渐形成坡体后缘的陡崖,崖下为陡缓相间的阶状原始地貌。上部陡坡、陡崖为侏罗系沙溪庙组(J_2sx)地层,岩性软硬相间,在重力、构造及风化作用下,岩体节理裂隙发育,节理裂隙贯通逐渐形成卸荷裂隙,卸荷裂隙追踪构造裂隙

发展,与其他结构面组合共同切割破坏岩体,破坏岩体的完整性和稳定性,岩体发生崩塌,崩塌体堆积于下部坡体。

(2)明水中学上部危岩体不断崩塌,陡崖不断后退,崩塌体在坡下不断堆积,一方面使斜坡堆积体不断增加,同时也不断向堆积体加载,使斜坡堆积体趋于失稳。另外,斜坡堆积体下伏砂岩相对隔水,地下水易沿斜坡堆积体与下伏砂岩接触带汇集,产生径流排泄。经地下水长期作用,该岩土接触带泥化加剧,强度逐步降低而形成软弱结构带。同时,斜坡前缘坡脚遭受河流不断侵蚀冲刷,斜坡前缘逐渐变陡,最终上覆松散堆积体在自重作用下,经某次强降雨诱发滑移。

(3)经过大规模滑动后,斜坡地形较为平缓,形成多级滑坡平台。在滑坡前缘滑坡堆积物堆积于坡脚,堵塞河道,河流改道,在滑坡前缘上游逐渐形

成淤积沉积区,阻挡滑体继续滑动,古滑坡体逐渐趋于稳定。

(4)近期由于人类切坡修路、建房等工程活动,古滑坡前缘坡体堆载加剧。梅溪河对滑坡前缘进行冲刷,前缘斜坡逐渐变陡,在某次暴雨下,古滑坡体前缘复活,发生蠕滑—拉裂变形,并逐步向坡体后缘扩展。

4 稳定性分析

明水中学滑坡为一古滑坡,滑动后势能已经释放。通过钻孔揭露,滑带土多为超固结土,强度大幅提高。目前,从地表堆积形态看,滑坡整体较稳定,古滑坡整体复活的可能性较小,仅前缘可能会处于失稳状态。

目前滑坡稳定性定量评价方法大致可分为3类,即极限平衡计算法、数值分析法和破坏概率计算法^[10]。本文采用边坡稳定性分析 GEO - SLOPE 软件,对该滑坡进行稳定性计算,并综合评价其稳定性。

4.1 计算剖面及工况

根据布置在滑坡不同标高坡地上的钻孔、探槽揭露的滑体情况及地形地貌、破坏变形等因素,选取该滑坡中具有代表性的 2 - 2' 剖面(图 3,剖面线位置如图 2 所示)进行稳定性分析。该段滑体长 600 m,标高为 195 ~ 360 m,坡体主要以第四系滑坡堆积粉质黏土夹碎块石为主,基岩为侏罗系中统沙溪庙组(J₂sx)泥质粉砂岩。

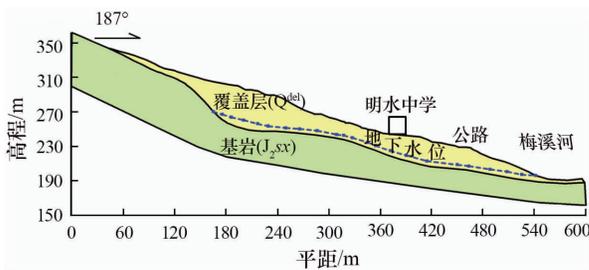


图3 明水中学滑坡工程地质剖面图
Fig. 3 Engineering geological section of Mingshui middle school landslide

滑坡前缘为梅溪河,虽然涉水,但是河水涨落变化较小,故此次计算不考虑河水位变化。根据滑坡的受力特征、可能出现的荷载情况及其组合,计

算中主要考虑降雨因素影响,选定2种工况计算滑坡稳定性。

工况 1: 自重(天然状态)

工况 2: 自重 + 20 年一遇的暴雨

4.2 计算参数

根据室内剪切试验数据、反演分析成果并结合临近地区工程地质类比数据,最终确定滑坡稳定性计算参数值(表 2)。

表 2 滑坡稳定性计算参数值

Tab. 2 Parameter value of landslide stability analysis

类型	状态	重度/(kN·m ⁻³)	黏聚力/kPa	摩擦角/(°)
滑体土	天然	19.8	25.2	17.5
	饱和	20.5	22.3	16.3
滑带土	天然	20.5	20.0	15.5
	饱和	21.5	17.5	13.3

4.3 计算结果及评价

利用 SLOPE/W 计算程序分析图 3 所示边坡的稳定性,对处于 2 种工况下的滑坡整体稳定性进行计算。鉴于目前滑坡前缘存在变形破坏,故对滑坡前缘危险滑移面进行搜索,得到前缘变形区范围(图 4),并计算其稳定性。由于前缘变形区一旦失稳破坏后,滑坡体可能发生整体滑动,因此需计算前缘失稳后滑坡整体在 2 种工况下的稳定性,计算结果如表 3 所示。

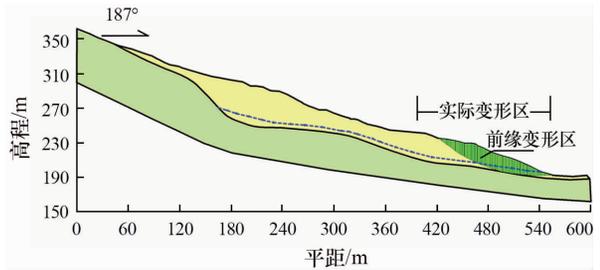


图 4 明水中学滑坡前缘变形区示意图
Fig. 4 Deformation zone of the front edge of Mingshui middle school landslide

表 3 不同工况下滑坡稳定性系数计算结果

Tab. 3 Factor of landslide stability at different conditions

工况	整体稳定性系数	前缘变形区稳定性系数	前缘失稳后整体稳定性系数
工况 1	1.228	1.007	1.163
工况 2	1.106	1.004	1.052

在天然工况下,明水中学滑坡整体稳定性系数为1.228,处于稳定状态;在暴雨工况下,该滑坡整体稳定性下降,整体稳定性系数为1.106,仍处于基本稳定状态。通过搜索计算,滑坡前缘在天然工况下整体稳定性系数为1.077,暴雨工况下整体稳定性系数为1.004,前缘处于欠稳定状态。假设前缘失稳破坏,该滑坡在天然工况下,整体稳定性系数为1.163,处于基本稳定状态;在暴雨工况下,整体稳定性系数为1.052,处于欠稳定状态。

综上,目前该滑坡整体处于较稳定状态,发生整体滑动的可能性较小。但滑坡体前缘变形明显,若具备一定降雨条件,该滑坡前缘产生滑移的可能性较大。一旦前缘发生滑移,可能进一步牵引后部斜坡体变形,降低滑坡体整体稳定性,将对滑坡体上居民的生命财产安全构成威胁。

5 结论与建议

(1)明水中学滑坡为一古滑坡,属于复活后牵引式中层松散层土质岩床类滑坡,其形成发展经历“崩塌堆积—滑移—趋稳定—复活”4个阶段。

(2)目前该滑坡体整体稳定性较好,发生整体滑动的可能性较小。通过GEO-SLOPE软件对前缘最危险滑面搜索得到的变形区范围,与现场实际调查中圈定的变形范围基本一致。本文滑坡稳定性计算结果符合实际情况,具有较高的可信度。

(3)目前,该滑坡体前缘变形明显,稳定性差。为避免因滑坡前缘局部滑动而进一步牵引后部斜坡体变形,降低滑坡体整体稳定性,建议减少对坡脚的开挖改造,同时采取必要的工程防护措施,提高该滑坡体的稳定性。

参考文献:

- [1] 吴道勇,吴红刚. 武罐高速公路崔家梁黄土滑坡形成机理与稳定性分析[J]. 铁道建筑,2012(8):88-92.
- [2] 张伟. 重庆市三峡库区三期地质灾害防治工程奉节县瓦子坪滑坡详细勘查报告[R]. 成都:四川华地建设工程有限责任公司,2007.
- [3] 晏鄂川,刘广润. 试论滑坡基本地质模型[J]. 工程地质学报,2004,12(1):21-24.
- [4] 陈晓岚,洪波. 重庆市特大型滑坡风险评价研究[J]. 中国地质调查,2015,2(4):71-75.
- [5] 殷跃平,张永双,伍法权,等. 汶川地震地质灾害调查成果与展望[J]. 中国地质调查,2014,1(1):1-9.
- [6] 孙强,张泰丽,伍剑波,等. 堆积体滑坡的成因及稳定性分析——以黔县林川滑坡为例[J]. 资源调查与环境,2015,36(1):73-78.
- [7] 常宏,韩会卿,章昱,等. 鄂西清江流域滑坡崩塌致灾背景及成灾模式[J]. 现代地质,2014,28(2):429-437.
- [8] 伏永朋,吴吉民,王树丰,等. 三峡库区曾家棚滑坡变形特征与成因机制分析[J]. 华南地质与矿产,2015,31(1):89-95.
- [9] 伏永朋,郭真民,韩会卿,等. 谷城县地质灾害发育规律研究[J]. 华南地质与矿产,2006,32(2):60-64.
- [10] 唐辉明. 工程地质学基础[M]. 北京:化学工业出版社,2008:107.

Formation mechanism and stability evaluation of Mingshui middle school landslide in the Meixi River basin

LIAN Zhipeng, FU Yongpeng

(Wuhan Center, China Geological Survey, Wuhan 430205, China)

Abstract: Mingshui middle school landslide, located on the left bank of the Meixi River, is a typical loose deposits landslide. By analyzing the engineering geological conditions of the landslide, including slope structure, morphological characteristics, and deformation features, the formation of the landslide is considered to experience 4 steps: collapsing and accumulating→sliding→going slowly to stable state→moving again. The landslide deformation is qualitatively analyzed and the landslide stability is determined by the GEO-SLOPE software. The result shows that the slide body of this landslide is currently stable, but the front edge of landslide is close to the limit state in natural conditions, which is very likely to slide or collapse.

Key words: Meixi River; landslide; formation mechanism; stability evaluation