

安庆市岳西县五河镇思河村良上组滑坡地质灾害成灾模式分析研究

何国栋

安庆市宜秀区五横乡自然资源和规划管理所 安徽安庆 246051

摘要:岳西县五河镇思河村良上组滑坡位于岳西县五河镇良上组,中心点位置坐标为:东经 $116^{\circ} 09' 55.28''$,北纬 $30^{\circ} 49' 37.88''$ 。地貌为中丘,地形起伏较大,坡顶标高 $373\sim 378\text{m}$,滑坡前缘住宅区标高 $307\sim 310\text{m}$,相对高差 66m ,上陡下缓,自然坡度为 $20\sim 30^{\circ}$,山坡植被茂密,覆盖率 $60\sim 70\%$ 以上。

关键词:滑坡;地层岩性;成灾模式

1 滑坡特征

1.1 滑坡变形特征

2016年6月,受强降雨影响,勘查区边坡前缘发生滑坡,滑坡体宽度约 20m ,滑体平均厚度 $4\sim 5\text{m}$,纵长近 10m ,滑坡方向 210° ,方量约 1000 方,造成坡脚一栋2层楼房全部倒塌,无人员伤亡,直接经济损失约 30 万元。经调查,滑坡体主要为表层堆积的残坡积含砾粉质粘土。



照片1 2016年滑坡体



照片2 前缘房屋损毁

经现场调查与访问,边坡前缘滑坡后,坡脚住户汪英泰等户后缘山坡上部出现张拉裂缝,下错距离约 0.5m ,张开约 0.3m ,延长约 8m ,平面形态呈圈椅状,坡面可见局部树木歪斜迹象(照片3、4)。目前边坡前缘尚未出现变形等迹象,边坡处于蠕动变形阶段。



照片3 坡体裂缝



照片4 坡面局部树木歪斜

1.2 滑动面及滑动床特征

根据现场调查及钻孔、物探等资料分析,坡体上部为棕褐色含砾粉质粘土,厚 $0.5\text{m}\sim 6.0\text{m}$,坡脚至坡顶慢慢尖灭,结构松散;下部为强风化片麻岩,经综合考虑分析,判断滑动面为含砾粉质粘土与下部强风化片麻岩接触面,为一倾斜平面,倾角 $20\sim 30^{\circ}$,主滑方向 215° ,滑坡体岩性为棕褐色含砾粉质粘土,滑床岩性为强风化片麻岩。根据地形特征综合考虑,滑面剪出口位于地形突变陡坎处。滑坡前、后缘高程 $313\sim 345\text{m}$,高差 32m 。滑坡坡面整体坡度为 $20^{\circ}\sim 40^{\circ}$,剖面形态呈凸形。

1.3 滑坡形态特征及规模等级

根据现场调查物探及钻探资料,现滑坡东侧上部山坡局部出现裂缝,坡顶后缘未见裂缝,故此滑坡边界范围的圈定东西侧以山脊为界,坡顶以下错位置后退 $3\sim 5\text{m}$ 为界。圈定滑坡体宽度约为 45m ,斜长约为 35m ,厚度约为 $0.5\sim 6\text{m}$,预估滑坡体方量为 7500m^3 ,根据《滑坡防治工程勘查规范》(DZ/T0218-2006),规模为小型。

2 形成机理分析

根据调查结果分析,形成滑坡的条件主要为地形地貌、地层岩性条件、地下水和气象条件。

2.1 地形地貌

滑坡点地貌为中丘,地形起伏较大,微地貌为一凸型斜坡,坡顶标高 $373\sim 378\text{m}$,前缘住宅区标高 $307\sim 310\text{m}$,相对高差 66m ,

上陡下缓,下部自然坡度为 $20\sim 25^\circ$,上部自然坡度为 $35\sim 40^\circ$ 。该斜坡中下部历史为旱地开发,多形成坡高约 $2\sim 3\text{m}$ 梯地,因荒废多年,现山坡植被茂密,覆盖率 $60\sim 70\%$ 以上,仅边坡前缘段任为旱地。较陡的斜坡为该滑坡的发生提供了有力的地形条件,为滑坡的发生提供较大的势能。



照片5 地形地貌



照片6 微地貌

2.2 地层岩性

根据勘查资料,边坡表层残坡积层(Q4ed1),岩性为含砾粉质粘土组成,土黄色、灰黄色,稍湿、可塑,碎石含量 20% 以下,粒径 $0.5\sim 1\text{cm}$,厚度为 $0.5\sim 6\text{m}$,结构松散,具中低压缩性,压缩系数 $0.05\sim 0.25\text{Mpa}^{-1}$,承载力特征值 $200\sim 300\text{Kpa}$,广泛分布于治理区边坡坡体表层,分布不均匀,自坡顶向坡脚逐渐变厚。

下伏岩层为大别山岩群程家河片麻岩,岩性为强风化黑云斜长片麻岩,厚 $4\sim 7\text{m}$,岩体风化强烈,青灰色,粒状结构,块状一弱片麻状构造,片麻理产状 $215^\circ\angle 30^\circ$;岩体相对软弱,新鲜岩石饱和单轴抗压强度 $180\sim 220\text{MPa}$,强风化岩体软化系数为 $0.25\sim 0.35$,中风化岩体软化系数为 $0.75\sim 0.95$ 。



照片7 ZK5岩芯照片



照片8 残坡积层



照片9 坡脚强风化层

2.3 地下水

地下水是形成滑坡的主要诱因之一。边坡表层残坡积含碎石粉

质粘土结构疏,孔隙大,为地下水提供了良好存储空间,地下水易在该层中存贮,使土体软化,加重岩土体自重,降低土体的抗剪强度,增加坡体的不稳定程度,在长时间持续的地下水浸泡作用下,坡体更易失稳产生变形。

2.4 降雨

降雨强度较大且持续时间长是发生边坡滑动的一个主要诱发因素,测绘区位于亚热带湿润季风气候区,降水量丰富,主要集中在 $6\sim 8$ 月份,汛期内降雨集中,强度大,尤其是极端降雨天气,24小时内降水量可达 200mm 以上。雨水一方面渗入山坡表层土体,另一方面沿山坡向坡脚汇流,加大了雨水向残坡积土的渗入量,土层过度饱和,自重增加。根据经验参数,边坡表层残坡积含碎石粉质粘土渗透系数为 11.88 m/d ,下伏岩层为强风化黑云斜长片麻岩,根据此次双环渗透实验结果,强风化层黑云斜长片麻岩渗透系数 3.7152 m/d ,属于中等透水层。因此,因土层渗透系数大于强风化层渗透系数,雨水易在土岩接触面汇集,动水压力增强,形成软弱面,导致滑坡的发生。

2.5 人为因素

经调查该斜坡中下部历史为旱地开发,多形成坡高约 $2\sim 3\text{m}$ 梯地,因荒废多年,现山坡植被茂密,覆盖率 $60\sim 70\%$ 以上,仅边坡前缘段任为旱地。边坡坡脚地带为村民建房切坡,形成高 $2\sim 6\text{m}$,坡度约 $60\sim 70^\circ$ 的高陡临空面,打破了斜坡原有的平衡条件,导致滑坡的发生,为本滑坡的主要诱发因素。根据调查及资料分析,2016年边坡前缘滑坡为建房切坡引发,导致房屋损毁;而现状潜在滑坡则由历史旱地开发,切坡诱发。



照片10 人类工程活动



照片11 坡脚建房切坡现状

3 成灾模式

经分析,该滑坡点滑动面为残坡积层含碎石粉质粘土沿基覆界面发生滑动,目前,该点处于蠕动变形阶段,仅后缘山坡局部出现

裂缝，其成灾模式可分为以下几个阶段：

第一阶段：根据岩土体渗透系数，上覆含碎石粉质粘土渗透系数相对较大，为相对透水层，下部强风化层渗透系数相对较小，为相对隔水层；大气降雨等自然水体从坡面向下入渗，在土体内部发生潜蚀作用，将细小粘土颗粒带入土体与基岩接触面处沉淀，形成软弱带。

第二阶段：由于开挖坡脚及早地开发，形成 2~6m 的高陡临空面，破坏了原始斜坡的应力平衡状态，再加上遇到强降雨等不利因素导致土体强度降低时，会沿着软弱带形成贯通的滑面，发生牵引式滑坡。

第三阶段：因斜坡坡度 20°~40°，相对高差达 30m，潜在滑坡体势能较大，其发生往往是瞬时发生，运动速度快，冲击力强，破坏性较强。滑坡发生后会将坡脚地带房屋推倒或者直接掩埋，同时

对人员造成不同程度的伤亡。2016 年前缘局部滑坡可以看出，滑坡发生后，滑坡体强大的冲击力将前缘 2 层砖房冲毁，破坏能力极强。

4 稳定性分析

根据实地测量、现场勘查和取样、室内土工试验及工程经验数据等资料，应用 GEO5 岩土计算软件对相关数据进行处理并进行滑坡稳定性分析计算。

根据现场勘查所查明的地层情况，将本次滑坡稳定性分析按折线滑裂面进行分析；本次计算考虑地下水、渗透性及边坡外侧静水压力对滑坡体的作用，计算分析采用有效应力法，孔隙水压力采用近似方法计算，由于勘查区位于 VI 度区，不考虑地震工况。对 A~A' 剖面进行计算，采用计算，工况按工况 1、工况 2 两种。滑坡 A~A' 剖面的计算过程及结果分述如下。

4.1 各岩土体取值：

表 5-3-1 不同土性区域性质表

土层编号	岩土体名称	重度		抗剪强度		渗透系数
		天然	饱和	C	Φ	Kh
		(kN/m ³)	(kN/m ³)	(kPa)	(°)	m/d
①	含碎石粉质粘土	18.47	19.47	16.57	27.65	1.188E+01*
②	强风化片麻岩	22.52	23.52	120*	36.7*	3.715E+00
③	中风化片麻岩			/	/	8.640E-05*
备注	表中带*参数根据工程经验值及反演计算并参考地区经验数据综合确定。					

4.2 计算结果

本次计算分别采用岩土有限元分析法、极限平衡分析法 (Morgenstern-Price) 进行稳定性分析。

A.有限元分析

岩土有限元分析法边坡稳定系数为 $K_s=1.14$ 。考虑暴雨条件下，降雨入渗边坡稳定性，岩土有限元分析法边坡稳定系数为 $K_s=0.48$ 。

采用极限平衡分析法 (Morgenstern-Price) 进行稳定性分析，工况 1 条件下岩土有限元分析法边坡稳定系数为 $K_s=1.25$ 。极限平衡分析法 (Morgenstern-Price) 稳定性计算结果边坡稳定系数为 $K_s=0.91$ ，自然状态下边坡处不稳定状态，暴雨状态安全系数小于 1，

处于不稳定状态。

根据上述分析结果，边坡在自然状态下，处于稳定状态。在强降雨天气下，边坡处于不稳定状态，易发生滑坡。

参考文献：

- [1]甘建军, 吴晗, 黄润秋等. 汶川地震区典型堆积体成灾模式研究[J]. 灾害学, 2013, 28 (04): 40-44+88.
- [2]李林祯. 吉县淇北沟崩塌隐患形成机理与成灾模式分析[J]. 华北自然资源, 2021 (03): 100-101.
- [3]梁或. 地震作用下桥梁平行通过红层滑坡的失稳机理和成灾模式研究[D]. 兰州交通大学, 2023.