

陈家湾滑坡变形机制及稳定性初步分析

叶义成^{1,2} 王云飞³ 何钰铭^{1,2} 聂邦亮^{1,2} 谢迪^{1,2}

1. 资源与生态环境地质湖北省重点实验室
2. 湖北省水文地质工程地质勘察院有限公司 湖北宜昌 443000
3. 秭归县自然资源和规划局 湖北宜昌 443699

摘要: 通过对陈家湾滑坡勘查, 查明滑坡的基本特征、变形特征等, 研究滑坡成因机制, 评价稳定性, 并提出滑坡的防治方案建议。所得结论对我国类似滑坡变形的研究及防治具有一定的参考意义。

关键词: 地质灾害; 滑坡; 稳定性分析; 变形机制

Preliminary analysis of the deformation mechanism and stability of Chenjiawan landslide

Ye Yicheng^{1,2}, Wang Yunfei³, He Yuming^{1,2}, Nie Bangliang^{1,2}, Xie Di^{1,2}

1. Hubei Provincial Key Laboratory of Resources and Ecological Environment Geology
2. Hubei Hydrogeological and Engineering Geological Survey Institute Co., LTD. Hubei Yichang 443000
3. Zigui County Natural Resources and Planning Bureau, Yichang, Hubei province 443699

Abstract: Through the exploration of Chenjiawan landslide, we can find out the basic characteristics and deformation characteristics of landslide, study the origin mechanism of landslide, evaluate the stability, and the suggestions of landslide prevention scheme are put forward. The results are of certain reference significance to the study and prevention of similar landslide deformation in China.

Keywords: geological disaster; landslide; stability analysis; deformation mechanism

引言:

陈家湾滑坡位于普溪河左岸斜坡地带, 行政归属于宜昌市夷陵区分乡镇高场村5组, 滑坡于2016年4月26日暴雨后发生滑坡整体变形, 导致滑坡区内房屋、旅游公路、电力设施及通讯设施等构筑物全部损毁, 经济损失巨大, 随后针对陈家湾滑坡开展了应急勘查设计工作^[1], 查明了滑坡的基本特征、变形特征等, 并对滑坡的成因机制进行了研究, 稳定性进行了分析评价, 并提出了滑坡的防治方案建议。

1 滑坡基本特征

1.1 基本特征

陈家湾滑坡^[2]所处斜坡的坡向近西, 斜坡总体坡度上陡下缓, 坡度20~45°, 滑坡体中部高程450~465米处分布有普百公路, 坡脚处为普溪河。

滑坡整体变形明显, 边界条件较清晰, 滑坡体的后缘边界位于斜坡高程595m处, 后缘坡度30~40°, 陡坡上部约30米处为一缓坡平台; 滑坡体前缘为普溪河; 滑坡体南侧边界以滑动后形成的侧壁陡坎为界, 滑坡体北侧边界为一小山脊。滑坡体纵长约550米, 横宽约200米, 面积约11万平方米, 滑坡体厚度约30~40米, 均厚约35米, 滑坡体体积约385万立方米, 主滑方向为270°, 属于大型土质滑坡(照片1)。

滑坡的物质成分主要为崩坡积层的碎块石土, 其中斜坡中上部陡坡地带坡表主要为碎块石, 块石之间多具架空现象; 中下部相对内凹的缓坡地带崩坡积物土质含量增多, 现多为人工改造成旱地, 种植农作物等, 旱地干砌石堡坎高度1~3米不等, 形成阶梯状地形。

滑坡前缘处于普溪河洪水位以上地带, 滑坡整体不涉水。滑坡中前部分布有居民房屋及公路, 人类工程活动较强烈。

资助项目: 夷陵区陈家湾滑坡勘查项目。



照片1 陈家湾滑坡全貌(镜像90°)

1.2 变形特征

2007年最早出现变形,变形后主要以蠕动缓慢变形为主,表现为公路地面沉降、拉张裂缝等,2016年4月底连续强降雨后,滑坡整体产生变形破坏,且变形速度较快,整体变形明显,至7月3日,滑移变形最远距离约19米,随后变形逐步趋缓,以下对各部位变形情况分述如下:

(1) 滑坡后部变形

陈家湾滑坡整体变形下滑后,形成高约4-8米陡坎,南侧陡坎较高,北侧相对较低,临空面后部山体出现向后扩展变形,后部裂缝变形逐步加剧,张开下座,形成纵长约100米的扩展变形区,变形区主要以小范围的垮塌滑移变形为主,并发育多条拉张裂缝,变形区扩展变形时间主要为滑坡加剧变形期间,随后变形逐步趋缓。

(2) 滑坡两侧边界

滑坡整体变形后两侧边界清晰,滑坡体南侧边界从后缘至公路上方,发育多处张拉裂缝及剪切裂缝,裂缝宽度为0.05-0.5米,局部可达1米,裂缝可见深度0.5-1.5米,裂缝延伸长度约1-3米;南侧边界出现局部坍塌,拉裂斜坡表层,造成下部农户杂屋变形。滑坡北侧滑移后形成侧壁陡坎,坎高约1米,局部高约5米。

(3) 滑坡体中部

陈家湾滑坡中部普百公路上方浆砌石挡墙下座变形呈现波浪起伏状;公路路基出现下座变形,下座高度约1-2米;公路下侧浆砌石挡墙已经外推约4-5米。滑坡体中部电杆倒塌,造成当地电力设施损坏、通电中断。

普百公路外侧居民房屋变形明显,房屋后部及前部出现多条裂缝,房屋整体变形位移10余米,房屋倒塌损坏,地坪鼓胀,拉张变形。

(4) 滑坡前缘

滑坡前缘临空面出现坍塌,树木歪斜(醉汉林),岩石崩落。滑坡体前缘临空面,前缘南侧出现局部坍塌,坍塌土方量约200立方米。随着滑坡变形持续,5月3日前缘出现一定规模的剪出变形,堆积土方量约1000立方米,造成前缘养殖场部分房屋围墙损毁。

2 滑坡变形影响因素

(1) 地质因素

地形地貌:滑坡区前部及后部地形较陡,坡度30-35°,局部发育陡坎;中部地形相对平缓,坡度15-25°,分布有居民房屋、公路及改造后的梯形地貌。滑坡区前、后部有利的临空条件是滑坡形成的基础条件。

地层岩性:滑坡所处斜坡的碎块石土厚度较大,结构松散,利于雨水入渗,碎块石土中存在粘粒含量较高部位,具有一定的隔水能力,大气降雨易于粘粒含量较高带富集,一方面饱和软化该层土体,降低抗剪强度,二是饱和上部碎块石增加土体容重。

(2) 自然因素

重力作用:陈家湾滑坡所处斜坡第四系覆盖层较厚,且滑坡体积较大,从而使滑坡体在空间上具有较大的重力势能。

水的作用:滑坡区降雨具连续集中、强度大和夏日暴雨频繁之特点,大气降水下渗一是对碎块石土中的粘粒集中相对隔水的粉质粘土层进行润滑或饱和,使土体的抗剪强度降低;二是增加了土体容重和动、静水压力,使滑坡体岩土体稳定性降低。大气降水是诱发滑坡的主要因素。

人类工程活动:人类工程活动主要为建房、修路切坡及地表耕作松土,在一定程度上利于地表水汇聚下渗于滑坡稳定性不利。

综上所述,地形条件和地层岩性是滑坡变形的内在地质因素,自然因素是滑坡形成并变形的外在动力因素,在各种因素的综合作用下导致滑坡的产生,但滑坡变形均产生于强降雨时,降雨是其滑坡产生的主要诱发动力因素。

3 滑坡稳定性初步评价

3.1 计算模型与工况

根据滑坡勘查剖面,计算模型采用1条实测工程地质纵剖面图为原型。滑面为折线型,垂直于剖面主轴取1m宽的岩土体作计算的基本断面,作为本次稳定性计算的边界条件,因滑坡主滑方向与牵引区存在夹角,且滑动深度不同及变形模式不同,本次计算分两部分计算,滑坡变形及上部牵引区变形2个实测工程地质纵剖面进行计算。模型具体见图3、4所示。

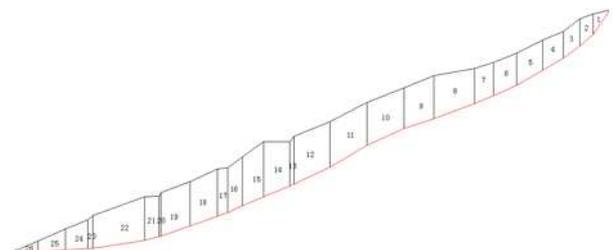


图2 陈家湾滑坡剖面稳定性计算模型

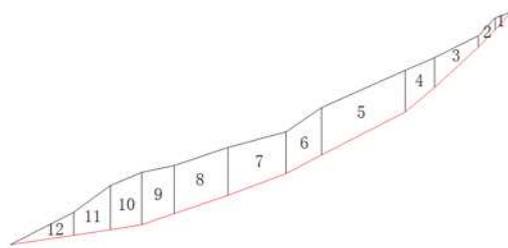


图3 滑坡牵引区滑动稳定性计算模型

计算工况

工况1: 自重+地下水(天然工况)

工况2: 自重+50年一遇暴雨(暴雨工况)

3.2 计算参数选取

滑带土为角砾土,本次计算取值主要根据现场大重度及室内试验结果,结合类似滑坡滑带土经验值综合分析,确定滑带土在天然工况下内摩擦角为 20° ,粘聚力为 34kPa ;在暴雨工况下内摩擦角为 18° ,粘聚力为 30.6kPa 。

3.3 滑坡稳定性计算与结果评价

(1) 计算结果

经滑坡稳定计算,成果详见表1。

表1 陈家湾滑坡稳定性计算成果表

计算剖面	计算工况	计算方法	稳定系数	稳定状态
滑坡稳定性计算	自重+地下水(1)	传递系数法	1.068	基本稳定
		詹布法	1.061	基本稳定
	自重+50年一遇暴雨(2)	传递系数法	0.980	欠稳定
		詹布法	0.975	欠稳定
牵引区稳定性计算	自重+地下水(1)	传递系数法	1.025	欠稳定
		詹布法	1.022	欠稳定
	自重+50年一遇暴雨(2)	传递系数法	0.959	不稳定
		詹布法	0.950	不稳定

(2) 计算结果评价

①在自重+地下水(工况1)工况下,滑坡整体稳定系数为1.068,整体处于基本稳定状态;滑坡牵引区稳定系数为1.025,处于欠稳定状态。

②在自重+50年一遇暴雨(工况2)工况下,滑坡整体稳定系数为0.980,整体处于不稳定状态,仍存在整体变形的可能;牵引区稳定系数为0.959,牵引区均处于不稳定状态。

综上,通过定性分析和稳定性计算,滑坡整体在天然工况下,处于基本稳定状态;在暴雨工况下处于不稳定状态,安全储备不足,仍存在整体变形的可能性。

后缘牵引区在天然工况下,处于欠稳定状态,存在局部变形的可能;在暴雨工况下处于不稳定状态,安全储备不足,产生滑动变形的可能性较大。

稳定性计算结果与宏观地质分析结论基本一致。

4 滑坡防治措施

滑坡变形已经经过了蠕变变形和变形破坏过程,虽现状滑坡变形逐步趋于缓慢,处于变形破坏后的临时稳定状态,仍存在再次整体滑动的可能。

经近4个月(5月-8月)监测结果表明,滑坡整体变形趋缓,主要以滑坡侧壁及牵引区后缘陡坎、陡坎处的浅表局部变形为主,针对滑坡变形情况及稳定状态,对滑坡中上部采取削坡减载工程+坡脚回填反压工程提高滑坡整体稳定性;对浅表变形强烈、坡度相对较大的滑坡后缘牵引区及普百公路外侧松散陡坡采取坡面整形+格构锚杆护坡工程进行防护;对滑坡侧壁及滑体中存在陡坎的部位采取坡面整形+环形排水沟的方式进行治理;对滑坡区内泉点及集中渗水带采用盲沟导排管道+导排池将地下水导出滑坡区,滑坡总体治理方案^[3]:削坡减载工程+坡面整形工程+回填压脚工程+格构锚杆护坡工程+挡土墙工程+排水工程+地下盲沟导排水工程+搬迁避让+植被绿化+监测工程。

5 结语与体会

本文通过对陈家湾滑坡的基本特征和变形特征进行了全面综合的分析,充分研究了滑坡形成的机制^[4],根据陈家湾滑坡特征、稳定现状及其主要影响因素,结合滑动后的地形地貌特征,采取了削坡减载工程+坡面整形工程+回填压脚工程+格构锚杆护坡工程+挡土墙工程+排水工程+地下盲沟导排水工程+搬迁避让+植被绿化+监测工程的措施对陈家湾滑坡进行综合治理,以确保滑坡整体稳定及环境绿化协调,保障了公路的畅通安全。

各类滑坡都存在的独有特性,查清滑坡变形机制,了解现状稳定性的问题,有针对性的提出防治最优方案,是目前滑坡勘查的重点难点,本滑坡的勘查及设计研究针对类似大型滑坡的防治有较为重要的借鉴意义。

参考文献:

- [1]殷跃平,张作辰,张茂省等.滑坡防治工程勘查规范(GB/T32864-2016)[R].中国国家标准化管理委员会,2016.
- [2]何钰铭,付超,等.湖北省夷陵区陈家湾滑坡勘查报告[R].宜昌:湖北省水文地质工程地质勘察院,2016.
- [3]何钰铭,付超,等.湖北省夷陵区陈家湾滑坡治理工程施工图设计[R].宜昌:湖北省水文地质工程地质勘察院,2017.
- [4]叶义成,何钰铭,廖伟杰,等.盐关滑坡复活与岩体劣化变形响应关系研究[J].资源环境与工程,2021,35(6):861-866.