陶家坝滑坡特征及稳定性评价

瓮纪昌[1,2], 李战明[2]
(1. 中国地质大学 地球科学与资源管理学院, 北京 100083;
2. 河南省地质调查院, 郑州 450007)

摘 要: 陶家坝滑坡基本特征显示, 滑坡变形的主要影响因素有: 地质环境因素(地形地貌、地层岩性、物质结构)、外界影响因素(降水因素、洪水因素、人为因素、新构造及地震), 以及滑坡近期变形特征, 通过剖面递推系数法计算, 对滑坡的稳定性进行了评价, 为滑坡机制分析和优化整治措施提供依据。

关键词: 陶家坝滑坡; 滑坡特征; 影响因素; 稳定性; 重庆市
中图分类号: P642.22; TU457 文献标识码: A 文章编号: 1001-1412(2006)01-0072-003

0 引言

陶家坝滑坡位于重庆市石柱土家族自治县县城东北 44 千米的长江右岸。滑坡处于忠县—丰都"屉状"向斜北东仰起端, 由侏罗系上统遂宁组(J_3s)中薄层状泥岩、粉砂质泥岩夹长石石英砂岩组成, 岩层呈单斜产出, 倾向 200°~ 243°, 倾角 3°~ 12°; 滑坡轴向与向斜轴向近于一致, 为 40°~ 50°。滑坡区内发育两组裂隙, 一组走向 30°~ 45°, 近直立, 裂面平直, 多呈张开状, 未充填, 长度一般 10~ 15 m, 线密度 0~ 1 条/m; 另一组走向 310°~ 330°, 直立, 裂面起伏粗糙, 呈张开状, 少量泥质充填, 长度一般小于 10 m, 线密度 0~ 1 条/m。区内未见断裂构造, 地震强度为Ⅵ度。

1 滑坡的基本特征

1.1 滑坡体外形特征

滑坡体前缘位于 TC101—TC301 一线及 TC901 附近(图 1)。前缘高程 233~ 237 m 及 250 m 左右; 后缘位于 TC102—TC902 一线, 具圈椅状, 高程 288~ 300 m。后缘至 ZK304 之间地形坡度 12°左右, ZK304 至剪出口地形坡度 7°~ 10°, 平均坡度 8°。滑体在 TC101—TC301 一线及 TC901 附近呈临空状态。主滑方向约 240°, 滑体形态近似舌状, 滑体宽 160~ 260 m, 长约 550 m, 滑体最大厚度 9.0 m, 平均厚度 5.8 m, 面积约 11.4×10^4 m^2, 体积约 65×10^4 m^3。

1.2 滑体特征

据钻探、物探资料显示, 滑坡体具有中心厚、四周薄的特点, 厚度大于 6 m 以上的部分约占滑体面积的 1/3 强, 形状与滑体周界类似。滑坡体主要由残坡积物和少量的崩坡积物组成。残坡积层成层性较好, 上部为粉质粘土, 下部为块石土, 界线较为明显。粉质粘土厚 0.73~ 3.10 m, 一般厚 1.00~ 1.50 m, 在 ZK209 中最厚, 达 3.10 m, 在滑体周界及滑体剪出部位变薄; 其物理力学性质特征为: 天然含水量 22.4%, 天然密度 2.04 g/cm^3, 饱和度 94.8%, 天然孔隙比 0.650, 塑限 22.0%, 液限 33.5%, 塑性指数 11.0, 抗剪强度 C = 58.0 kPa、 = 12°48′。块石土厚 2.10~ 6.70 m, 一般厚 4.00~ 5.00 m, 在 ZK207 中厚度最大, 为 6.70 m; 其物理力学性质特征为: 天然含水量 21.6%, 天然密度 2.14 g/cm^3, 饱和度 91.6%, 天然孔隙比 0.645, 塑限 18.6%, 液限 29.8%, 塑性指数 11.4, 抗剪强度 C = 35.56 kPa、 = 11°34′; 5 线至前缘剪出口之间块石略具定向排列, 倾向剪出方向, 块石面上可见有次级磨光面及擦痕, ZK209, ZK903 一线到滑体后缘块石土直接与下

收稿日期: 2005-02-24
基金项目: 重庆市三峡库区地质灾害防治项目(石地产[2002]003)资助。
作者简介: 瓮纪昌(1968-), 男, 河南尉氏人, 高级工程师, 在读硕士研究生, 1992 年毕业于成都地质学院矿产系, 从事地质找矿工作。

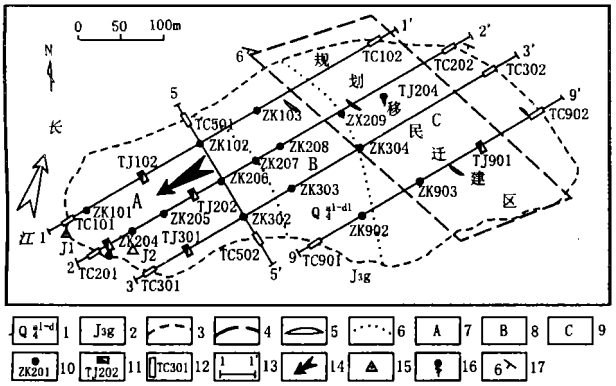

图 1　陶家坝滑坡工程地质平面示意图

Fig. 1　The sketch plan of engineering of Taojiaba landslide

1. 第四系全新统残坡积物　2. 侏罗系上统遂宁组　3. 滑坡体周界　4. 滑坡体前缘界线　5. 地表裂缝　6. 变形区界线　7. 蠕滑变形区　8. 拉裂变形区　9. 开裂变形区　10. 钻孔位置及编号　11. 探井位置及编号　12. 探槽位置及编号　13. 勘探线及编号　14. 主滑方向　15. 变形监测点及编号　16. 泉点　17. 地层产状

伏岩体相接触, 滑带特征不明显, 在 TJ202 至剪出口之间块石土与滑带土相接, 滑带特征明显。

1.3　滑带特征

滑坡滑带特征在 ZK209—ZK903 与 TC201—TC901 之间表现明显, 中后部滑带特征不明显。滑带物质主要为紫红色砾质粘土, 呈可塑-软可塑状; 在剖面形态上, 自下而上砾、角砾含量逐渐增高, 颗粒逐渐变粗, 与块石土呈渐变过渡; 滑带土的矿物成分主要为蒙脱石(14%)、伊/蒙混层矿物+伊利石(62%)及石英(18%); 在砾、角砾表面可见磨光及线形擦痕, 在滑带土中由于剪切形成与滑面平行的波纹状纹理; 滑带土厚 5~10 cm。滑带土与下伏岩体之间形成滑面, 滑面与岩体层面近似平行, 在滑面上可以清晰地看到磨光面、擦痕, 擦痕方向 235°~241°, 总体与滑坡主滑方向一致。滑带土在天然状态下峰值 $C=19.65$ kPa, $=8°45'$, 残余值 $C=15.80$ kPa, $=6°18'$; 在饱和状态下峰值 $C=15.22$ kPa, $=6°43'$, 残余值 $C=8.64$ kPa, $=4°50'$。

1.4　滑床形态及下伏岩体特征

滑坡体滑床面形态以 ZK208、ZK902 为界, 其上较陡, 滑床坡角为 10°左右, 其下平缓, 基本与下伏基岩层面平行, 滑床坡角平均 6°, 在滑体前缘滑床坡度角 3°左右。滑床总体形态为略向下凹的平面。滑床为遂宁组的紫红色泥岩及黄褐色长石石英砂岩, 岩体具强风化或中等风化, 靠近滑带的砂岩呈碎裂状, 泥岩易软化, 裂隙面上形成铁锰质薄膜。在滑床的北部及后缘以泥岩为主, 泥岩性状极差, 岩质软, 其物理力学性质特征为: 天然密度 2.58 g/cm^3, 饱和密度 2.61 g/cm^3, 孔隙比 0.12, 含水量 4.05%, 泊松比 0.29, 弹性模量 0.18×10^4 MPa; 单轴抗压强度: 天然 9.41 MPa, 饱和 5.31 MPa; 抗拉强度: 天然 0.62 MPa, 饱和 0.40 MPa; 抗剪强度: 天然 $C=2.50$ MPa, $=37°37'$; 砂岩抗风化能力较强, 产状稳定, 其物理力学性质特征为: 天然密度 2.62 g/cm^3, 饱和密度 2.63 g/cm^3, 孔隙比 0.068, 含水量 2.11%, 泊松比 0.28, 弹性模量 0.64×10^4 MPa; 单轴抗压强度: 天然 42.57 MPa, 饱和 33.37 MPa; 抗拉强度: 天然 2.57 MPa, 饱和 1.92 MPa; 抗剪强度: 天然 $C=9.2$ MPa, $=43°20'$。

1.5　滑坡变形特征

滑坡体自前缘到后缘均能见到变形现象, 以 ZK209, ZK207 为界分为 3 个变形域。ZK207 至 TC201 之间为蠕滑变形, 前缘土体自剪出口剪出; 据调查, 稻田有漏水、田坎有坍塌现象, 电线杆向前缘倾斜现象十分明显, 从倾斜程度看位移量大于 0.5 m, 自 1991 年至今累计位移量大于 1.0 m, 位移有加剧特征。在 ZK207—ZK209 之间, 变形以拉裂变形为主, 特别是 1999 年 6 月连续降雨以来, 地面不均匀沉降、开裂及房屋变形现象更为明显, 并密集成带分布, 裂缝长 9~15 m, 宽 0.5~10.0 cm, 最深达 3 m, 裂缝呈不规则的锯齿状展布, 总体走向 100°~140°之间。在 ZK209 到 TC202 之间变形特征不明显, 仅能见到轻微的开裂变形现象。

2　滑坡影响因素分析

2.1　滑体成因机制分析

滑坡体由第四系崩坡积和残坡积粉质粘土、块石土组成, 下伏基岩为侏罗系上统遂宁组互层砂、泥岩。覆盖层是滑坡的主体, 而在基岩层面上的含碎石粘土形成滑面是滑坡形成的基础。从地貌形态上看, 滑坡区为顺向斜坡, 土体前缘临空, 地表水和后缘地下水的补给使得岩体层面上的土体软化而强度降低。在自重、暴雨和人为因素的影响下, 土体沿基岩面形成推移式的松散堆积层滑坡。自 1999 年以来, 变形有加剧现象。

2.2　滑坡形成条件和触发因素

陶家坝滑坡的形成是各种自然地质因素和人为活动因素综合作用的结果。如在暴雨条件下, 降水的大量入渗, 使得不整合面上的土体强度降低, 形成

滑移面, 在有利的地形条件下产生滑动; 或由于人类工程活动而在滑体上堆载, 使得土体的稳定状态发生变化而产生滑动。

总之, 在上述各种自然、人为因素的影响下, 滑坡的稳定性必将进一步降低, 继而产生破坏。

3 滑坡稳定性评价

3.1 现状稳定性评价

据现场地质调查表明, 陶家坝滑坡近年来地表地物、地形变化明显。在滑坡的中前部地面开裂, 可见明显的滑带及滑面, 滑移方向清晰可辨; 在滑坡的剪出口部位, 每年的雨季均有土体剪出, 近年有加剧的现象。上述表明该滑坡处于蠕滑拉裂变形阶段。据钻孔和探井观测, 滑坡体内孔隙潜水普遍存在。在滑体中形成静水及孔隙水压力, 加之滑体前部滑带的形成及滑带土(含碎石粉质粘土) 隔水作用, 使地下水在滑体内富集。所以, 在天然状态下, 滑坡是稳定的, 但在雨季是欠稳定的。另据 2—2′、9—9′ 剖面的传递系数法计算结果表明, 滑坡体在天然状态下, 滑体的稳定系数 F_s 值为 1.58~ 1.65, 处于稳定状态, 但是在雨季时, 滑体的稳定系数 F_s 值为1.03 ~ 1.06, 说明在此状态下滑坡处于欠稳定状态。

3.2 特殊荷载组合稳定性评价

在考虑地震作用时, 在每个条块重心上加一个水平地震力。该地区位于Ⅵ度区, $F = W/120$, 在特殊荷载组合时, 经对滑坡体进行稳定性计算, 其稳定系数 F_s 值为 0.97~ 1.00, 说明其处于不稳定状态。

4 结论

陶家坝滑坡的形成条件是: 较厚的第四系堆积物与下伏基岩呈不整合接触, 基岩面上的含碎石粉质粘土构成构造滑动面(带) ; 其次, 基岩层面与斜坡坡面倾向一致, 也有利于斜坡土体的滑移、变形, 其长期发展的结果即形成滑坡。自然和人为因素的破坏是使滑坡滑移的条件, 雨季形成的地下水大量补给, 使得滑体特别是滑动面形成较高的孔隙水压力, 是滑坡滑移的触发因素。陶家坝滑坡性质属于推移式土质滑坡, 其在自然状态下处于稳定状态, 暴雨状态下处于欠稳定状态, 暴雨及地震作用下处于不稳定状态。因此, 建议采用排水(地表水和地下水) 为主, 在滑坡中部(高程 255m) 采用支挡工程(挡墙或抗滑短桩) 为辅的防治方案。

参考文献:

[1] 张倬元, 王士天, 王兰生. 工程地质分析原理[M]. 北京: 地质出版社, 1994.

[2] 张年学, 盛祝平, 孔广忠, 等. 长江三峡工程库区顺层岸坡研究[M]. 北京: 地震出版社, 1993.

[3] 地质矿产部成都水文地质工程地质中心, 成都地质学院, 水利部长江水利委员会勘测总队. 长江三峡工程库岸稳定性[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1992.

[4] 潘懋, 李铁锋. 灾害地质学[M]. 北京: 北京大学出版社, 2002.

STABILITY EVALUATION AND FEATURES OF TAOJIABA LANDSLIDE

WENG Ji-chang[1,2], Li Zhan-ming[2]

(1. China University of Geosciences, Beijing 100083; 2. No.2 Geoexploration Party of Henan Bureau of Geoexplorationand Mineral Development, Zhengzhou 450007, China)

Abstract: This article described the deformation features of Taojiaba landslide and analyzed the inner factors, geologic setting, topography, morphology, stratum, lithology and texture, and the external influence factors, precipitation, flood, human activity, neotectonic activity and earthquake, and the transform features of landslide in the near future, and evaluate stability of landslide through the section coefficient method calculation on basis for landslide mechanism analysis and control work.

Key words: Taojiaba landslide; landslide features; influence factors; stability; Chongqing