

加郎普特黄土滑坡成因机制及三维稳定性分析*

程建军, 刘毅

石河子大学水利建筑工程学院, 新疆石河子, 832003

加郎普特黄土滑坡位于新疆伊犁哈萨克自治州新源县则克台镇以北约 15km 的加郎普特萨依, 紧靠 S316 公路, 地理坐标为东经 83°19'21", 北纬 43°38'32"。该滑坡地处新疆阿吾拉勒山区, 周围群山环绕, 沟壑纵横, 沟谷山坡表面草本植被发育, 矮小灌木稀疏生长。加郎普特黄土滑坡形成后一直处于相对稳定状态, 但近期勘察发现其后缘裂隙发育, 加之整修 S316 公路已使其坡脚出现临空面等因素, 当遭遇不利工况时, 有发生滑坡的可能性, 成为了严重威胁 S316 公路安全的地质灾害隐患。

1 工程地质背景

1.1 地质构造与地层岩性

研究区位于西天山优地槽褶皱带的中部, 北以尼勒克深断裂为界与博罗科努复背斜相接, 南以那拉提深断裂为界与哈尔克山复背斜为邻。区内主要分布阿吾拉勒断褶带和博罗科努复背斜二个次级构造单元。

根据现场调查和钻探成果, 出露地层主要为古生界泥盆系中上泥盆统坎苏组和二叠系下二叠统乌郎组的凝灰岩、砂岩、砾岩以及第四系中更新统风积层、上更新统风积层和全新统冲积层。

1.2 水文气象特征

加郎普特滑坡所在地区属于大陆性气候, 具有大陆性中温带湿润气候特征。该地区雨水比较丰沛, 多年平均气温 8.3°C 左右, 多年平均降水量 480~600mm, 降水集中于 4~6 月份。

1.3 地震

滑坡区位于伊犁地区东部, 属北天山地震带的一部分, 为地震多发区, 地震动峰值加速度为 0.20g, 相对应的地震烈度为 VIII 度。

2 滑坡基本特征及成因机制

2.1 滑坡基本特征

加郎普特滑坡位于原 S316 公路 K14+000 处东侧, 滑坡前缘高程 1466m, 后缘高程 1569m, 平均坡度约 36°。整个坡体表面被草本植物覆盖, 后缘裂隙发育。

主要地层(图 1)由上至下依次为马兰黄土、离石黄土、凝灰岩。马兰黄土具有湿陷性强, 大孔隙和垂直节理发育等特性。离石黄土具有弱湿陷性和弱透水性, 大部分被马兰黄土覆盖。凝灰岩呈灰绿色, 位于黄土层以下, 岩层存在不同程度变质。

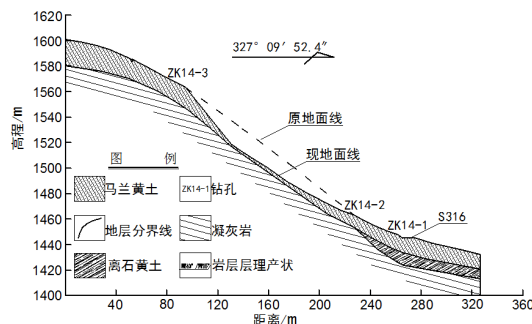


图 1 工程断面图

2.2 滑坡形成机制分析

滑坡区表面大部分被第四系黄土所覆盖, 黄土与下伏基岩呈不整合接触。该类黄土具有大孔隙、垂直节理发育等性质, 这给雨水下渗提供了有利条件。而较之黄土层, 下伏基岩透水性则要差很多, 因而当雨水入渗时, 会在一定程度上起到隔水作用。当遭遇持续降雨时, 雨水下渗后常沿着不整合接触面形成一定厚度的饱水带, 带内岩土体抗剪强度明显降低, 从而形成软弱结构面, 这为滑坡的形成提供了基本的地质条件。

雨水是滑坡产生的直接诱发因素。该地区虽然

注: 本文为国家自然科学基金会项目(编号 51268050)资助的成果。

收稿日期: 2015-02-03; 改回日期: 2015-03-01; 责任编辑: 周健。

作者简介: 程建军, 男, 1979 年生。博士, 教授, 水文地质与工程地质专业。Email: chengdesign@163.com。

年平均降雨量不高,但是降雨较为集中。当遭遇降雨时,雨水的渗入,降低了岩土体的抗剪强度,并且使得孔缝水压力增加,坡体上部荷载增大,从而加速了滑坡的发育。

3 三维稳定性分析

目前对边坡进行稳定性分析主要采用极限平衡法和有限元法(李同录等, 2003),各方法又有二维、三维之分。由于边坡发生滑坡时具有明显的三维特征,三维计算结果能更真实的反映边坡的实际状态(苏超等, 20014),因此本文利用三维强度折减有限元法对加郎普特黄土滑坡进行稳定性分析。

3.1 计算模型及计算参数

根据工程地质断面图和钻孔数据信息等资料,建立计算模型。该模型(图 2)X 方向长 476.7m, Y 方向长 509.6m, Z 方向上高 244.7m,采用四面体单元,共 19882 个。侧面采用法向位移约束,底面采用全约束,坡体表面无约束,强度准则采用 Mohr-Coulomb 破坏准则。

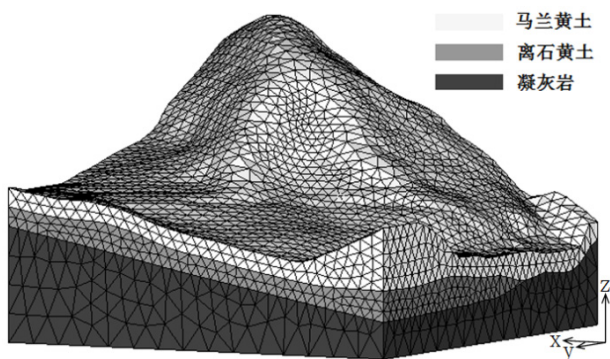


图 2 计算模型

计算所需的参数有:各土层的重度、粘聚力、内摩擦角、泊松比等,这些参数来至于反演推算和前期对边坡钻孔所取土样的室内实验(表 1)。

表 1 岩土体计算参数表

岩性	重度 γ/kPa	弹性模量 E/MPa	摩擦角 φ/°	黏聚力 c/kPa	泊松比 μ
马兰黄土	18.1	59	20	29	0.30
离石黄土	19.3	72	22	32	0.32
凝灰岩	24	150	31	38	0.26

3.2 计算结果及分析

经计算后得到加郎普特滑坡在天然工况下的安全系数为 1.068,此时边坡处于基本稳定状态,

图 3 为剪应变增量云图,图 4 为位移云图。从剪应变增量云图可以看到潜在危险区域位于滑坡后壁附近的局部区域内,面积较大。位移云图显示,潜在危险区域内坡体位移量较大,而其余区域位移量则较小,位移量最大出现在以滑坡后壁最高处为圆心的圆形区域。在暴雨和地震工况下,由于受雨水和地震力的影响,坡体安全系数大大降低,分别只有 0.983 和 0.962,此时已处于不稳定状态,有发生滑坡的可能性。

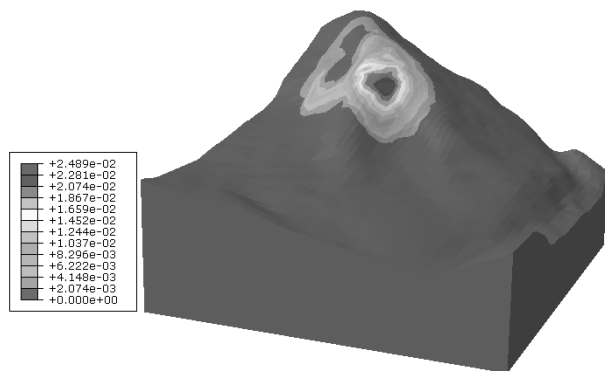


图 3 剪应变增量云图

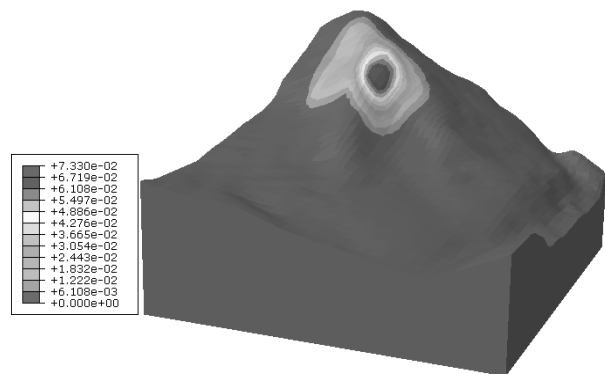


图 4 位移云图

4 结论

利用三维强度折减法对加郎普特滑坡进行稳定性分析,得到在天然、暴雨和地震三种工况下的安全系数分别为 1.068、0.983 和 0.962,即该滑坡在天然工况下处于基本稳定状态,当遭遇持续降雨和地震时,处于不稳定状态。潜在危险区域位于以滑坡后壁最高处附近的局部区域内。

参 考 文 献 / References

李同录,王艳霞,邓宏科. 2003. 一种改进的三维边坡稳定性分析方法. 岩土工程学报, 25(5): 611-614.
苏超,尹晓明,徐晨. 2014. 基于强度折减法的三维有限元在边坡加固工程中的应用. 南水北调与水利科技, 12(1): 1-5.