

滑坡范围内场地边坡稳定性分析与治理措施

黄待望¹, 董薇²

(1. 中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司, 杭州 311122; 2. 浙江交通职业技术学院路桥学院, 杭州 311112)

摘要:滑坡作为一种典型的地质灾害,广泛存在于中国西南地区,特别是在西南的丘陵地区,滑坡灾害相当频繁。在滑坡范围内进行工程建设,需要考虑滑坡对于工程的影响。结合位于云南省的工程案例,通过对建设用地滑坡范围内边坡的稳定性进行分析,考虑不同工况下高差最大的场地边坡的稳定性,从而提出建设用地滑坡范围内边坡的治理措施。结果表明,工程案例中滑坡整体稳定性好,在地震工况下处于临界稳定状态,但局部在堆载、暴雨、地震工况下均有可能发生变形破坏。采取抗滑桩等工程处理措施后,场地是稳定的,满足镇区建设用地的要求。研究成果可为同类工程建设提供参考。

关键词:滑坡;边坡;稳定性;抗滑桩

中图分类号:TU47 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2023)09-0162-05

1 工程概况

工程建设用地为镇区工业用地,近似矩形布置,东西长280~330 m,南北宽170~175 m,占地面积5.24万m²,现地面高程1030~982 m,场地西南高、东北低,为斜坡地形,位于滑坡后缘部分,用地红线范围内的滑坡体方量约为10.4万m³。滑坡位于云南村乡间公路以北,滑坡平面呈“舌”型,滑坡后缘高程约1030 m,前缘高程约910 m。滑坡为浅表层土质滑坡,滑坡体大部已滑走,局部残留体分布有机质土,滑坡体和土质边坡对水敏感,在降雨和地表水下渗作用下会发生浅层蠕滑变形。为满足建设用地的要求,需要对建设用地滑坡范围内边坡的稳定性进行分析,并采取适宜的工程措施进行治理。

2 边坡稳定性分析

2.1 场地工程地质、水文地质条件

建设场地位于川西南与滇东北接壤部位中山区,地形起伏较大,冲沟发育。根据勘察规范^[1-2]和场地的工程勘察报告,场地覆盖层深厚,土层分布不均,浅表层为粉土,下部为黏土、卵(砾)石,自上而下依次如下。

②层:粉土,灰黄、红褐色,稍湿,稍密~中密状,土体在暴雨状态下易产生蠕动变形,建议挖除换填。

③1层:黏土,紫红色,红褐色,硬塑状。本土层

广泛分布,厚度较大,工程性质尚可,且承载力从上至下有增大趋势,可作为一般基础的天然地基。

③2层:黏土,紫红色,坚硬状,局部为灰黄、青灰色土质砾或含砾黏土。本土层广泛分布,厚度较大,工程性状好,但其埋深大。

场区地势西面高,北、东、南三面低,大气降水主要以地表径流的形式向北、东、南面各冲沟汇集,部分通过第四系覆盖层孔隙渗入地下形成地下水。场区地下水类型主要为第四系松散堆积物孔隙水,主要接受大气降水和地表径流补给,向侧方各冲沟排泄。场区地下水位埋藏深度差别较大,地下水位埋深在1.1~21.8 m。

2.2 滑坡基本情况

滑坡体南北纵向长约700 m,东西横向宽120~260 m,前缘窄,后缘宽,面积约12万m²,按平均厚度4 m考虑,滑坡体体积约50万m³,属于中型滑坡。勘察揭露,滑坡体物质组成较为单一,主要为②层粉土,灰黄色,稍湿,稍密~中密状,表层0.3~0.5 m为耕植土。滑床以紫红色、红褐色硬塑~坚硬状③黏土为主。滑坡区每年5—10月雨季,均会经历一次或多次暴雨,黏土具有隔水作用,黏土内未见明显软弱滑动带,现主要表现为雨季沿浅表层局部蠕滑。

2.3 场地边坡稳定性分析

2.3.1 计算方法

采用加拿大公司开发的 Rocscience 系统软件

收稿日期:2022-10-25

作者简介:黄待望(1991—),男,安徽滁州人,中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司,工程师,硕士,研究方向为岩土工程;董薇(1992—),女,湖北黄冈人,浙江交通职业技术学院路桥学院,讲师,硕士,研究方向为道路工程。

中的 Slide 模块进行稳定性分析计算。稳定计算方法采用摩根斯坦(Morgenstern-Price, M-P)法。摩根斯坦法(M-P)法考虑了条块间的剪应力和正应力,同时满足力矩平衡和力的平衡条件,是一种隐式解法。对于折线滑动面,建筑边坡、水利水电边坡规范均推荐此种算法。

2.3.2 计算参数

1)土层参数。考虑到本工程的地下水位埋深

与现场施工揭露情况,一般工况中的基覆界面软弱土层采用饱和参数,上部其他土层采用天然参数^[3]。详细土体物理力学参数详见表 1。

2)地震参数。本地区地震动峰值加速度为 0.20g(g 为重力加速度),相当于地震基本烈度为Ⅷ度^[4]。

3)计算荷载。道路荷载为 20 kPa,房屋荷载为 15 kPa/层。

表 1 建设场地土体物理力学参数

土层编号	名称	天然密度 $\rho/$ ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	抗剪参数			
			天然		饱和	
			黏聚力/kPa	内摩擦角 $\varphi/(^{\circ})$	黏聚力/kPa	内摩擦角 $\varphi/(^{\circ})$
①	素填土	1.96	30	17	20	13
②	粉土	1.94	40	18	37	15
②夹	有机质土(滑带土)	1.90	15	10	12	8
③ ₁	硬塑状黏土	2.00	42	18	41	15
③ ₂	坚硬状黏土	2.06	52	19	47	16
③夹 ₁	粉砂	2.05	12	30	3	25
③夹 ₂	卵(砾)石	2.18	6	34	5	32

根据地勘报告提供的工程地质参数,进行滑带参数敏感性分析。根据反演结果,选取 $c=12\text{ kPa}$, $\varphi=8^{\circ}$ 作为滑带土的饱和抗剪强度参数,进行边坡计算。

2.3.3 稳定性计算

边坡工程设计标准主要根据《建筑边坡工程技术规范》(GB 50330—2013)^[5],并参考《水利水电工程边坡设计规范》(DL/T 5353—2006)^[6] 执行。根据工程的重要性,本工程的边坡为永久边坡,边坡工程安全等级为一级。根据《建筑边坡工程技术规范》(GB 50330—2013)^[5] 规定,一级边坡稳定安全系数为:一般工况下,边坡稳定安全系数为 1.35;地震工况和暴雨工况下,边坡稳定安全系数为 1.15。

选取建设用地边坡高差最大的 A、B 剖面进行计算分析,比较不同工况下边坡的稳定安全系数,判断边坡的稳定性。

2.3.3.1 剖面 A 稳定性计算

边坡剖面 A 如图 1 所示。

分别对一般工况、地震工况、暴雨工况下剖面 A 的边坡稳定性进行计算,得到稳定性计算结果,如图 2 所示。

由计算结果可知:一般工况下,边坡稳定安全系数为 $1.205<1.35$;地震工况下,边坡稳定安全系数为 $1.044<1.15$;暴雨工况下,边坡稳定安全系数为 $1.111<1.15$ 。可见,3 种不同工况下,边坡稳定安全系数均不满足规范要求且边坡均沿滑带土层滑动。

2.3.3.2 剖面 B 稳定性计算

边坡剖面 B 如图 3 所示。

分别对一般工况、地震工况、暴雨工况下剖面 B 的边坡稳定性进行计算,得到稳定性计算结果,如图 4 所示。

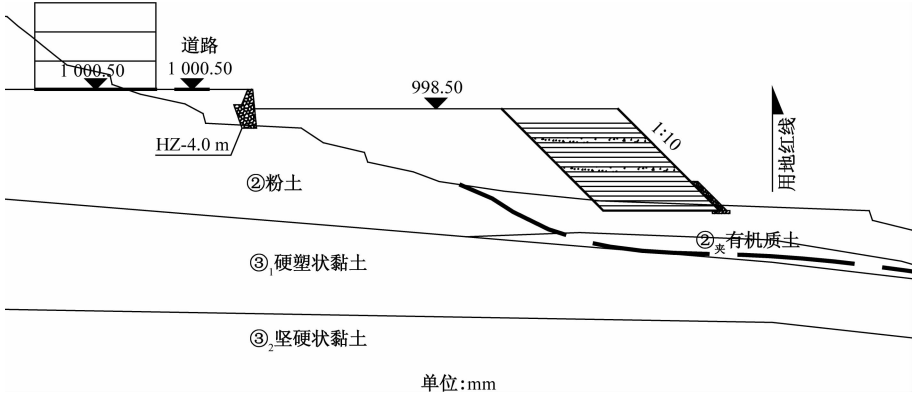
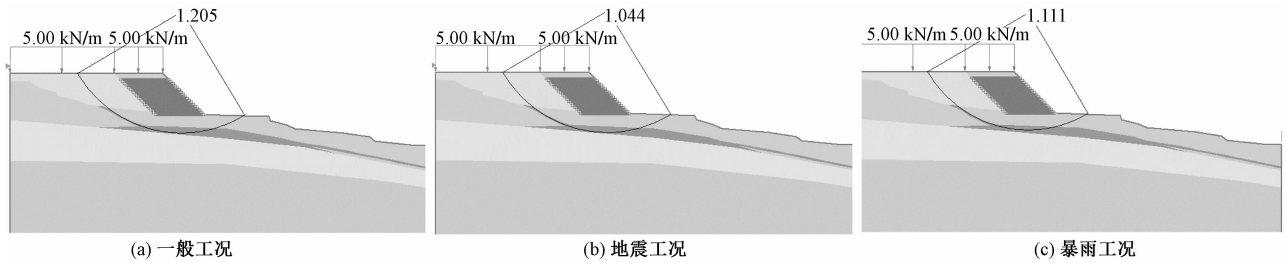


图 1 边坡剖面 A



1. 205、1. 044、1. 111 为安全系数
图 2 剖面 A 稳定性计算结果

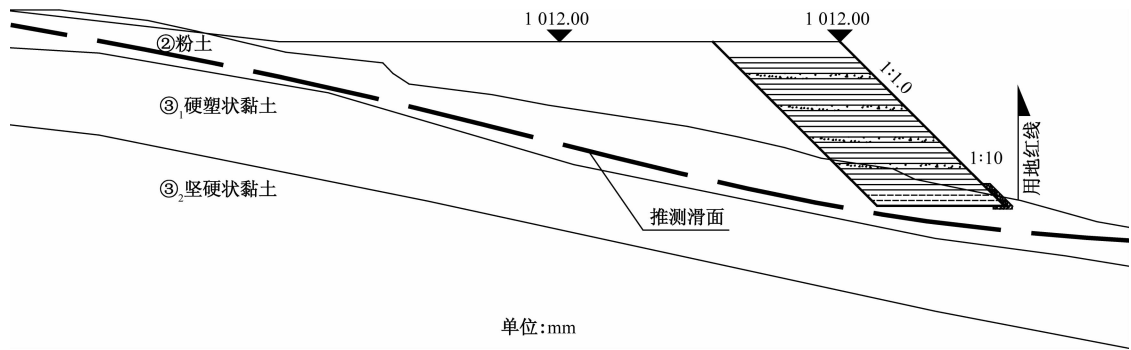
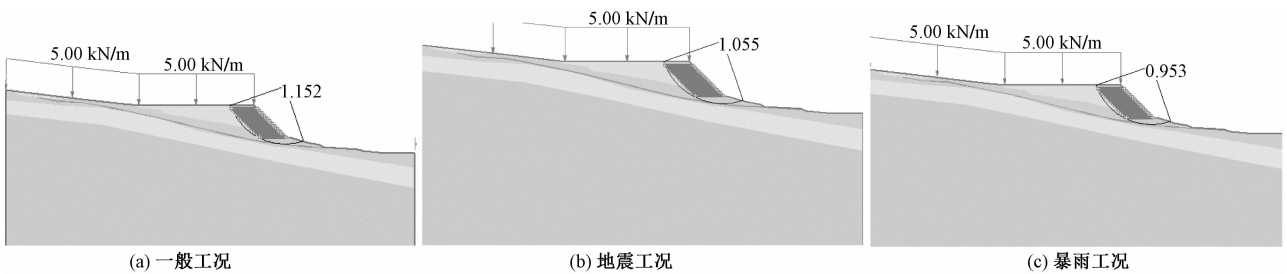


图 3 剖面 B



1. 152、1. 055、0. 953 为安全系数
图 4 剖面 B 稳定性计算结果

由计算结果可知：一般工况下，边坡稳定安全系数为 $1.152 < 1.35$ ；地震工况下，边坡稳定安全系数为 $1.055 < 1.15$ ；暴雨工况下，边坡稳定安全系数为 $0.953 < 1.15$ 。3 种不同工况下，边坡稳定安全系数均不满足规范要求且边坡均沿滑带土层滑动。

可以看出，3 种工况下，剖面 A、B 建设场地滑坡体范围边坡稳定安全系数均不满足规范要求且边坡均会沿着滑带土层滑动。因此，需对建设场地内边坡进行工程治理。

3 边坡治理方案

对于不稳定的边坡工程处治方法有很多^[7-12]，常见的有换填、挡土墙、抗滑桩、锚杆支护、格构支护等，需要根据工程的实际情况，进行技术、经济比选，采取适宜的处治方案。

综合分析建筑场地范围内滑坡体地质条件及周围环境，有以下两种治理思路可供比选：①换土回填，清理用地区域内的滑带土，并换土回填至设计高程；②抗滑支挡，根据边坡稳定性分析结果以及现场施工实际情况，采取抗滑桩进行支挡。

换土回填方案的优点是本场地质条件的不利因素主要在滑带土层，清理掉滑带土后能极大地提高场地的稳定性。但存在以下缺点：①施工期场地前缘换填基坑开挖超用地红线，或需要扩大征地；②由于滑面位于覆盖层内，且不明显，施工时难以确定换填深度及范围；③土方换填量较大，且集镇居民安置区已经交付房建施工，工业区块换填施工时需在红线外另寻临时堆场。

综合分析建设场地滑坡体地质条件及周围环境，结合经济成本比较等，采取抗滑桩进行支挡具有如下优势：①抗滑桩支护措施可靠（桩顶位移控

制);②可在征地红线内施工;③工程费用相对较低。因此,本项目滑坡范围内边坡采取抗滑桩加固。根据边坡稳定性分析结果以及现场施工实际情况,在新增用地区北侧前缘增加一道抗滑桩进行

支挡,抗滑桩采用直径 2 m、间距 3 m、长度最长 22 m,共 79 根,其他主要高差处采用加筋土挡墙支护。

采取抗滑桩支挡后的典型剖面如图 5 所示。

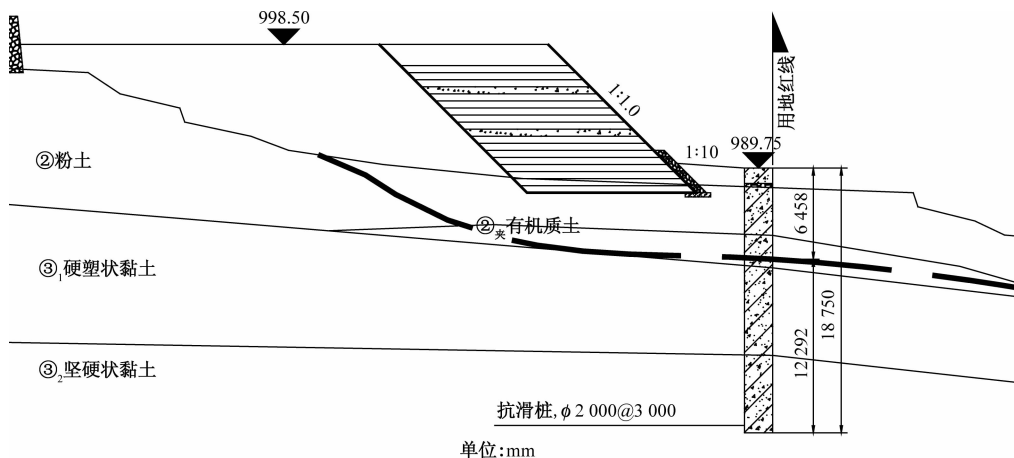


图 5 抗滑桩支护典型剖面图

采用抗滑桩支挡后,分析建设场地滑坡体范围内边坡的稳定性。采用 2.3.1 节的计算方法和 2.3.2 节的计算参数,对进行抗滑桩支挡后的建设场地边坡高差最大的 A、B 剖面的稳定系数进行计算。边坡稳定安全系数计算结果见表 2。

根据计算结果可知,对建设用地滑坡体范围采用抗滑桩支挡处理后,场地在一般、地震以及暴雨工况下,边坡稳定安全系数均满足设计标准要求,满足建设用地要求。

措施可靠,可在征地红线内施工,而且工程费用相对较低,因此本工程滑坡范围内边坡宜采取抗滑桩支挡措施。

3) 采用抗滑桩支挡后,建设场地滑坡范围内边坡的稳定性得到大幅提高,边坡稳定系数在一般、地震以及暴雨工况下,均满足设计标准要求。可知经过采用适当的工程处理措施后,场地是稳定的,满足镇区建设用地的要求。

参考文献

表 2 滑坡处理后边坡稳定安全系数

剖面	一般工况	地震工况	暴雨工况
A	1.478	1.337	1.260
B	1.446	1.320	1.195

4 结论

在西南丘陵地区进行工程建设时,常常会遇到滑坡灾害,需要考虑滑坡对于工程的影响。工程所在的镇区工业用地处于滑坡范围内,因此需要分析场地边坡的稳定性,并采取一定的工程措施。本文对场地边坡进行稳定性分析,得到以下结论:

1)工程范围内的滑坡整体稳定性好,在地震工况下处于临界稳定状态。但通过对场地边坡高差最大的两个剖面进行稳定性分析计算发现,在堆载、暴雨、地震工况下,边坡稳定安全系数均不满足规范要求,均有可能发生变形破坏。因此对于建设场地内边坡,应该进行工程治理。

2) 综合工程技术、经济成本比较,抗滑桩支护

- [1] 水电工程移民安置区工程地质勘察规程:NB/T 35085—2016[S].北京:国家能源局,2016.
- [2] 中华人民共和国住房和城乡建设部.城乡规划工程地质勘察规范:CJJ 57—2012[S].北京:中国建筑工业出版社,2012.
- [3] 工程地质手册编写委员会.工程地质手册[M].4版.北京:中国建筑工业出版社,2007.
- [4] 中国国家标准化管理委员会.中国地震动参数区划图:GB 18306—2015[S].北京:中国标准出版社,2015.
- [5] 中华人民共和国住房和城乡建设部.建筑边坡工程技术规范:GB 50330—2013[S].北京:中国建筑工业出版社,2013.
- [6] 中华人民共和国国家发展和改革委员会.水电水利工程边坡设计规范:DL/T 5353—2006[S].北京:中国电力出版社,2007.
- [7] 高兴杰.公路边坡稳定及抗滑桩加固分析[J].西部交通科技,2021(11):48-51.
- [8] 吴苗.衡阳某项目边坡稳定性分析与支护设计[J].山西建筑,2020,46(17):86-88.
- [9] 贾林,康富,李付定,等.滑坡稳定性及其治理方法分析

[J]. 工程建设与设计, 2021(17): 27-29.

[10] 解瑞松, 巩悦, 韩飞, 等. 抗滑桩对边坡桥梁桩基受力变形的影响[J]. 科学技术与工程, 2022, 22(9): 3665-3673.

[11] 范永丰, 韩宇琨, 刘丛木, 等. 土工格室加固边坡稳定性参数分析[J]. 科学技术与工程, 2022, 22(6): 2507-2514.

[12] 王立伟, 文海, 张振平, 等. 基于 QUAKE/W 和 SLOPE/W 下甘家寨滑坡地震动力响应分析及稳定性评价[J]. 科学技术与工程, 2018, 18(24): 274-280.

Stability Analysis and Treatment Measures of Site Slope in Landslide Area

HUANG Daiwang¹, DONG Wei²

(1. East China Investigation and Design Research Institute Co., China Electric Power Construction Group, Hangzhou 311122, China;
2. Road and Bridge School, Zhejiang Institute of Communications, Hangzhou 311112, China)

Abstract: Landslide, as a typical geological disaster, exists widely in southwest China. Especially in the southwest hilly area, landslides are quite frequent. When engineering construction is carried out within the scope of landslide, the influence of landslide on engineering needs to be considered. Based on an engineering case located in Yunnan Province, the stability is analyzed of the slope within the landslide range of construction land, considering the stability of the slope with the largest height difference under different working conditions, so as to put forward the treatment measures of the slope within the landslide range of construction land. The results show that the overall stability of landslide in engineering cases is good, and it is in a critical stable state under earthquake conditions, but local deformation and failure may occur under load, rainstorm and earthquake conditions. After taking anti-slide pile and other engineering treatment measures, the site is stable and meets the requirements of construction land in town. The research results can provide reference for similar engineering construction.

Keywords: landslide; slope; stability; slide-resistant pile