

Stability Analysis and Treatment Measures of the Slope

Xingyuan Guan^{1,2} Xiaoyan Lin^{1,2} Haiqin She³

1.School of Earth Sciences and Engineering, Xi'an Shiyou University, Xi'an, Shaanxi, 710065, China

2.Shaanxi Key Laboratory of Petroleum Accumulation Geology, Xi'an, Shaanxi, 710065, China

3.School of Geological Engineering and Geomatics, Chang'an University, Xi'an, Shaanxi, 710061, China

【Abstract】 Due to the limitation of topography and boundary conditions, the whole construction site of a project will be excavated in a large scale, and the slope plane formed by site excavation is concave, with a height of about 0~30 m. Firstly, the deformation and failure mechanism of the slope is analyzed, including the failure mode, causes and influence range of the slope. Secondly, based on the Lizeheng geotechnical slope software, the calculation model of the excavation slope is established, and through the quantitative analysis and evaluation of the excavation slope under different conditions by the software, it is found that the slope is in an unstable state under natural and rainstorm conditions, and the corresponding support scheme is put forward for the slope in different areas, which provides data and design support for the stability study and governance of the slope.

【Keywords】 slope stability; treatment measure; stability analysis

某边坡稳定性分析评价及治理措施

关兴元^{1,2} 蔺晓燕^{1,2} 折海琴³

1.西安石油大学地球科学与工程学院, 中国·陕西 西安 710065

2.陕西省油气成藏地质学重点实验室, 中国·陕西 西安 710065

3.长安大学地质工程与测绘学院, 中国·陕西 西安 710061

【摘要】 某项目受地形地貌及边界条件的限制, 对整个建设场地会进行大范围开挖, 场地开挖形成的边坡平面形态呈凹型, 高度约为 0~30m。首先对边坡的变形破坏机制进行分析, 包括边坡破坏模式、成因和影响范围。其次基于理正岩土软件建立开挖边坡的计算模型, 通过该软件对处于不同工况下的开挖边坡进行定量分析评价, 得到边坡在天然和暴雨工况下均处于不稳定状态, 并针对不同地段的边坡提出相应的支护方案, 为边坡的稳定性研究和治理提供数据和设计支持。

【关键词】 边坡稳定性; 治理措施; 稳定性分析

DOI: 10.12345/smg.v4i5.11851

1 引言

随着社会的不断发展, 城乡建设用地需求不断增加, 耕地资源持续减少, 土地开发与保护的矛盾越来越突出^[1]。中国安康市以汉江为界, 南依大巴山, 北靠秦岭, 南北高山夹峙, 河谷盆地居中, 地势起伏较大。山地面积占全市面积的 92.5%, 丘陵占 5.7%, 而川道平地仅 1.8%, 可利用的平地资源非常有限^[2]。为了发展城市建设, 许多城镇都只能向山坡、丘陵发展, 从而形成了大量的边坡。边坡失稳威胁着人类的生命财产, 因此边坡稳定性分析变得越来越重要, 随着人类工程活动的发展, 对边坡问题的研究也在不断深入^[3-5]。

2 边坡概况

某项目位于安康市紫阳县县城关镇职中旁边, 省道 S310 公路北侧。项目从场地斜坡坡脚处开始向北侧延伸, 南北长约 135 m、东西长约 120 m。受建设场地地形地貌及边界条件的限制, 整个建设场地

会进行大范围开挖, 开挖形成的边坡平面形态呈凹型, 共计 10 个断面, 如图 1 所示。开挖后形成的边坡总长 466 m, 高度在 0.00~30.00 m。根据勘察钻孔揭露斜坡岩土层结构和分布规律来看, 场地整平开挖出的边坡上层由第四系粉质粘土, 棕黄色、褐灰色, 坚硬, 土质不均匀, 含少量碎石组成, 下层由板岩, 深灰色, 变余结构, 条状构造, 岩质较软, 具薄层理, 倾角约 40°, 无沿坡面主滑方向的外倾结构面, 下部岩石相对较完整, 岩层产状: 160°∠35°。地表植被较发育, 主要种植有黄瓜、豇豆等农作物。边坡工程安全等级划分为二级。



图 1 场地整平开挖后边坡位置图

【作者简介】 关兴元 (1994-), 男, 中国陕西宝鸡人, 硕士在读, 从事岩土工程地质及地质灾害的防治研究。

3 边坡变形机制

3.1 边坡破坏模式

根据现场调查,既有斜坡为岩质边坡,现状条件下斜坡周边未发现开裂变形迹象和特征,斜坡现状稳定性较好。根据场地平整规划,场平开挖后将形成两种类型边坡,土质边坡和岩质边坡,土质边坡最高达17m,场平开挖后的土质边坡受建设用地的限制,边坡最大放坡坡率为1:0.7,该边坡由第四系粉质粘土和块石组成,土质结构较松散,较零乱,挖方边坡破坏模式初期主要为以坡脚附近为剪出口,沿潜在破裂面发生滑动达到土层的自然休止角后暂时达到自稳,后期若不及时采取适当有效的支挡,在遇暴雨、地震、爆破等不利因素作用下,将会引发大面积的牵引式滑坡。

3.2 边坡破坏成因分析

该边坡坡体的破坏主要表现为牵引式滑坡,对地表破坏主要表现为差异性垂直和水平位移。该滑坡主要受地形条件、工程地质条件、降雨及人类工程活动等影响形成。

地形条件是影响本区域发生滑坡的重要条件。边坡坡度较高,前缘由于某项目开挖平整形成陡崖微地貌,在自然重力与各种不利外力组合作用下,坡度直接决定其稳定状态及内应力的分布,容易发生滑坡;滑坡区的工程地质条件是滑坡灾害发育的物质基础。据勘查,该滑坡滑体主要为第四系全新统残坡积稍密碎石土,土体结构松散,力学性质差。滑床为中风化板岩,岩石较密实隔水。不利的岩土组合,使地表水和地下水下渗至岩体内部节理面,在节理面处富集,使岩体软化,为滑带的形成提供了良好的岩性组合,使中风化岩石沿内部节理面发生下滑、变形,此外坡角开挖,破坏了坡体的原始应力条件,坡脚处阻滑能力减小,诱发滑坡的发生;强降雨和人类工程活动是灾害发生的主要诱发因素之一。该滑坡体表层为第四系全新统残坡积层,滑体组成物质结构松散,大孔隙,渗透性好,地表径流差,加之滑坡在地形上呈凹型坡,利于降水汇集,在降雨作用下大量雨水下渗进入坡体内部,降低了土体的黏聚力和内摩擦力^[6]。此外坡体表层耕种使表层土体更加松散,更有利于雨水的下渗。

综上所述,在地质灾害的控制与影响因素中,地形、地貌等地质条件是内因,降雨、人类活动作用是外因,二者的双重作用是形成地质灾害的主要控制因素。

3.3 边坡初期破坏和影响范围

根据《建筑边坡工程技术规范》(GB50330—2013),边坡初期塌滑区范围的划分可按下式进行估算。

$$L = \frac{H}{\tan \theta}$$

式中:L——边坡坡顶塌滑区外缘至坡底边缘的水平投影距离(m);H——边坡高度(m); θ ——坡顶无荷载时边坡的破裂角($^{\circ}$),对于直立土质边坡可取 $45^{\circ} + \varphi/2$, φ 为土体的内摩擦角;对斜面土质边坡,可采取 $(\beta + \varphi)/2$, β 为坡面与水平面的夹角;对直立岩质边坡可按本规范第6.3.3条确定;对于倾斜坡面岩质边坡可按本规范第6.3.4条确定。根据计算可知:该边坡初期最大破坏范围距离为11.3m,应及时采取有效的支护措施。

4 边坡稳定性计算与评价

4.1 定性评价

根据勘探揭示,边坡体主要为松散的第四系全新统残坡积稍密碎石土,根据边坡拟开挖的高度分析可知,现今原始山体在现状条件下处于稳定状态,但由于人工切坡,坡坏了坡体原有的应力平衡,使边坡岩体应力重新调整和分布,且场区开挖平整高度过大,如不进行支挡,在天然状态下人工边坡处于不稳定状态,在连续降水状态作用下易产生大面积的牵引式滑坡。

4.2 定量计算

4.2.1 计算方法

第一种边坡揭露黏性土及块石,属土质边坡,宜采用圆弧滑动法进行稳定性计算。根据工程地质条件,本场地采用圆弧滑动法进行稳定性计算,计算坡面比暂按1:0.3考虑。按《GB50330-2013》规范,边坡稳定性计算选用(GB50330-2013附录A.0.1)进行计算。

第二种边坡揭露地层为板岩,属岩质边坡。根据破坏形式,滑面呈折线形,故稳定计算采用折线型滑动面计算公式,剩余下滑力计算按传递系数法。依据《滑坡治理工程设计与施工技术规范》(DZ/T0219-2006)确定稳定系数Kf计算公式,其中地震力引入按《水工建筑物抗震设计规范》(GB51247-2018)中土石坝抗震计算用拟静力法引入。

4.2.2 计算参数

根据本项目物理力学指标及重型动力触探试验结果,结合工程经验,考虑场地岩土特殊性,边坡稳定验算所用参数在满足《建筑边坡工程技术规定》(GB50330-2002)规定的情况下,边坡计算参数见表1。

4.2.3 计算工况

依据《中国地震动参数区划图》(GB18306-2015),项目区位于VI度区,因此不考虑地

震作用对边坡体稳定性的影响。经综合分析边坡体岩土体结构特征，本次选定如表2两种计算工况分别计算评价边坡的稳定性。

4.2.4 计算结果及稳定性评价

本次边坡开挖后共计10条断面，计算时采用理正岩土软件对拟开挖边坡进行计算，选取其中6条最不利剖面进行边坡工程稳定性计算，计算参数指标分别选用的是天然和饱和状态下的（表1）。计算结果见表3，本次计算开挖坡面暂按1:0.2~1:0.7坡比计算，后期应该根据实际情况计算。

根据《建筑边坡工程技术规范》（GB 50330-2013）

表5.3.1规定和边坡体变形特征及边坡开挖后所处的状态，结合稳定性计算结果可知，该项目场地按场平标高开挖后形成的边坡，经过理正岩土软件分析计算后，除AB段1-1'剖面处于基本稳定状态，其余段边坡在天然、暴雨工况均处于不稳定状态，应在开挖前采取合理的支挡措施。局部边坡稳定性系数小，是因为边坡高陡，最危险滑面偏于表层，最终会使边坡逐层发生变形破坏，以达到土层自然休止角暂时达到自稳状态，若在前期不采取及时有效的支挡措施，在后期降雨、地震等不利工况下，可能会形成大面积的牵引式滑坡破坏。

表1 边坡稳定性验算参数取值表

地层编号	地层名称	天然状态			饱和状态		
		重度 $\gamma/\text{kN}\cdot\text{m}^{-3}$	内摩擦角 $\varphi/^\circ$	粘聚力 c/kPa	重度 $\gamma_s/\text{kN}\cdot\text{m}^{-3}$	内摩擦角 $\varphi/^\circ$	饱和粘聚力 c/kPa
①	杂填土	17.3	2	9	18.2	0	7
②	碎石土	19.1	6	21	20.3	4	18
③	粉质粘土	18.5	22	23	19.8	18	10
④	全风化板岩	21.4	26	25	22.3	23	22
④ ₁	强风化板岩	23.8	35	30	24.3	28	27
④ ₂	中风化板岩	25.4	53	35	26.0	48	29

表2 计算工况及荷载组合表

工况组合编号	荷载组合
I	天然状态+地下水
II	自重+持续暴雨+地下水

表3 各段边坡稳定性计算结果

剖面编号	工况	稳定系数	稳定性评价
AB段	I	1.134	稳定
1-1'剖面	II	1.063	基本稳定
CDPQ段	I	0.920	不稳定
3-3'剖面	II	0.886	不稳定
EF段	I	0.984	不稳定
4-4'剖面	II	0.845	不稳定

剖面编号	工况	稳定系数	稳定性评价
FG 段	I	0.989	不稳定
5-5'剖面	II	0.893	不稳定
GH 段	I	0.92	不稳定
6-6'剖面	II	0.87	不稳定
HL 段	I	0.904	不稳定
7-7'剖面	II	0.803	不稳定

5 边坡支护方案建议

根据本建设工程的重要性,结合现场调查、勘察结果、边坡特征,针对不同段边坡所处不同地形地貌部位,对不同地段的边坡采取相应的支挡措施方案,具体建议如下:根据计算结果,边坡高度在5 m 以下时,边坡基本处于极限平衡状态,因此对边坡高度在0~5.0 m 段采用重力式挡土墙或毛石砼挡墙进行支挡,墙底以中风化板岩作为基础持力层,局部软弱部分可采取换填处理;边坡高度在5.0~29.0 m 段建议采用锚拉桩板墙、肋梁锚杆或锚索格构框架梁、挂网锚喷进行支挡,桩底中风化板岩作为嵌固段,建议嵌固段进入中风化基岩,此段边坡较高,稳定性差,应采用预支挡模式,应在场平开挖前支挡工程施工完毕,并应在支挡结构发挥效应后方可进行场平开挖。在设置支挡结构后,在整个场地后侧设置系统的截排水沟措施。

6 结语

论文通过详细的现场勘察,查明了边坡岩土体的结构和水文地质特征,通过理正岩土软件对边坡进行稳定性分析,由计算结果得知,该边坡开挖后处于不稳定状态,在暴雨或雨季极端天气的情况下

边坡可能发生滑坡,将对某项目建设产生严重危害,造成财产损失和人员伤亡。综合分析,针对不同段边坡所处不同地形地貌部位,对不同地段的边坡采取相应的支挡措施方案。论文的分析研究成果对于该区域类似边坡的治理方案设计工作提供了重要数据支持和直接的指导作用。

参考文献

- [1] 王林飞,蒲应举.基于北京理正岩土软件对边坡稳定性验算分析[J].价值工程,2014(30):140-141.
- [2] 石晓静.基于云模型的安康市洪水灾害风险时空变化研究[D].西安:陕西师范大学,2017.
- [3] 陈祖煜.土质边坡稳定分析:原理·方法·程序[M].北京:中国水利水电出版社,2003.
- [4] 杜显祥,房浩,曹佳文.建房切坡条件下边坡稳定性分析[J].中国地质灾害与防治学报,2020(05):40-47.
- [5] 余成,葛伟亚,常晓军,等.丹阳天王寺边坡稳定性评价及防治措施[J].地质学刊,2018(02):345-348.
- [6] 钟燕茹.基于理正的某小学边坡稳定计算分析[J].广东土木与建筑,2019(08):57-59.