

大前石岭隧道进口岩堆体的稳定性分析评价

张颖

(辽宁有色勘察研究院, 辽宁 沈阳 110013)

摘要:大前石岭隧道进口岩堆发育,覆盖层较厚,岩堆边坡表观上处于稳定状态,但在施工作业等人为作用以及外界环境扰动(如降雨、爆破等)作用下岩堆极易失稳。基于现状岩堆发育特征,分析隧道进口岩堆体失稳机理,从定性和定量的角度,给出现状和施工2种工况下隧道进口岩堆的稳定性评价,同时分析对路基、隧道等工程造成的危害,并给出处理措施建议,以保证隧道施工、线路运营的安全性,为工程建设中岩堆体诱发地质灾害的防治提供参考与借鉴。

关键词:隧道进口;岩堆体;稳定性评价;大前石岭隧道

中图分类号:U125 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2017)07-0090-03

Stability Analysis and Evaluation of Rock Pile at the Entrance of Daqian Shiling Tunnel/ZHANG Ying (Liaoning Nonferrous Research Institute, Shenyang Liaoning 110013, China)

Abstract: The rock pile develop at the entrance of Daqianshiling tunnel with thick overburden and slope appearance of stable state, but it is easy to be unstable by artificial function of construction work and the disturbance of external environment (such as rainfall and blasting). Based on the development characteristics of rock pile, this paper analyzes the instability mechanism of rock pile at the tunnel entrance, and the stability evaluation of rock pile under static status and construction conditions at the tunnel entrance are detailed both in qualitative and quantitative views, and analyzes the damages to the subgrade, tunnel and some other engineering with treatment methods to ensure the safety of tunnel construction and line operation, which provides reference for the prevention and control of geological disasters caused by rock pile.

Key words: tunnel entrance; rock pile; stability evaluation; Daqianshiling tunnel

0 引言

随着铁路隧道的不断兴建,隧道洞口段极易受到偏压地形以及潜在的滑坡、剥落、崩塌等各种边坡变形破坏问题^[1],其中松散岩堆体变形破坏而导致边坡失稳的问题,对隧道结构安全构成了极大的潜在威胁,是岩土工程领域中较为棘手的研究难点,因此,对隧道洞口松散岩堆体边坡的稳定性开展研究显得十分重要。

岩堆是岩石山坡在各种物理、化学作用下失稳,产生塌滑、剥落,形成大小不一的岩石碎块、岩屑,在自然营力的作用下搬运、堆积形成的松散堆积物体,属于典型的不良工程地质作用^[2-3]。岩堆的稳定性受岩堆体物质组成、水文气象、地震、施工等多种因素影响,导致其稳定性评价具有很大的复杂性和多变性。岩堆的形成一般可分为三个阶段:母岩的风化崩解、风化崩解物的搬运、堆积^[4]。目前田师府至桓仁铁路工程大前石岭隧道进口段岩堆已发展到

第三个阶段,堆积的松散介质将严重影响隧道进口边坡的稳定性,成为隧道安全施工过程中亟需解决的工程技术难题,因此,在经济性原则的基础上需采取必要的工程措施保证进口岩堆的稳定性,使得工程得以顺利进行。

1 工程概况

大前石岭隧道进口岩堆分布于本溪市桓仁县大雅河流域一侧中低山区,海拔高度370~1338 m,山坡自然坡度15°~34°。在风化剥蚀作用下,形成的松散堆积物体,属于典型的不良工程地质现象。该岩堆主轴方向上部稍陡,下部平缓,断面呈近似线形,堆积体呈现锥体状,且前缘基本都延伸到下覆岩层坎边或河床,从分布形态上可定为单面坡。该区域内为中低山及丘陵地貌,地形陡峭,冲沟发育,河流流经地段地势相对平缓,两岸阶地发育。地貌类型有山间冲洪积谷地、剥蚀构造中低山。

收稿日期:2017-02-22

作者简介:张颖,女,汉族,1986年生,硕士,从事岩土工程勘察设计与科研管理工作,辽宁省沈阳市沈河区青年北大街7号,364253229@qq.com。

目前隧道进口自然坡度约 23° ,地势起伏,大部分为植被覆盖,少部分为裸露岩堆,石块直径 $0.3\sim 1.2\text{ m}$,岩堆呈块石土、角砾土及碎石土状,缝隙多充填粘性土。岩堆岩块岩性为石英砂岩,属于硬质岩石。据钻探及物探结果,覆盖厚度为 $26.3\sim 32\text{ m}$ 。岩堆结构松散,空隙度大,植被发育地区充填细颗粒,具有软弱的粘结。下部地层为弱风化石英砂岩。岩堆全貌如图1所示。



图1 岩堆全貌

2 稳定性评价方法及原理

岩堆体边坡稳定性分析需要结合岩体和土体边坡稳定性分析方法。对岩堆稳定性分析,首先应考虑堆积体整体稳定性,其次为堆积体自身的坡面稳定性。本次隧道进口岩堆边坡稳定性计算考虑岩堆实际情况,以最危险地段断面为施工阶段稳定性评价对象,采用极限平衡法——毕肖普(Bishop)法和简布(Janbu)法进行。

依据《铁路工程地质手册》(修订版)等规程^[5-7]规定:通常应根据滑坡的现状,对其研究程度以及它的危害性、工程的重要性等,确定滑坡稳定安全系数 K_{ST} 值。

本次评价对象为位于田师府至桓仁铁路沿线大前石岭隧道进口的岩堆,属于重要工程,但就施工措施而言,又属于临时工程,因此,本次评价稳定性安全系数取为 $K_{ST} = 1.4$ 。

2.1 定性评价

2.1.1 现状工况

本项目岩堆已发展到母岩崩解物的堆积阶段,堆积的松散介质将严重影响隧道进口边坡的稳定性^[8]。从岩堆的地貌形成分区来看,总体上与岩堆的形成阶段相对应,本项目区形成区与流通区的界限明显,流通区与堆积区已连接在一起,没有明显界限,依岩堆的发展变化,各区均在不断地变动,堆体分布面积大于形成区。

从松散岩堆体的稳定性定性分析来看,现场可较为明显地看到岩堆体整体滑动后缘滑壁呈弧形分布,总体上前部较平缓,中后部较陡。依据滑体的变

形特征与形成机制,该滑坡为推移式滑坡。坡体表象稳定,属于趋于静止阶段,但是在不良自然作用(如降雨、冻融、地震等)和人为作用(如施工开挖、爆破等)下,土质粘结的松散堆积坡体极易产生滑动。尤其降雨工况下,雨水顺着滑坡后壁渗入,在基岩与松散介质接触面上形成软弱滑带,造成岩堆整体滑动的破坏模式。

2.1.2 施工工况

大前石岭隧道进口岩堆在施工作用下,考虑到上覆岩堆松散介质的特殊性以及土质粘结强度弱,隧道明挖区仰坡部位易发生塌滑现象。且岩堆体内聚力很小,整体抗剪强度低,围岩自稳性差,虽然隧道开挖面在开挖过程中会采取支护衬砌等措施,但在隧道开挖施工中上覆岩堆会产出较大的松动压力,岩堆堆积体在重力作用下易形成地表下沉,可能发生坍塌、冒顶现象,存在重大安全隐患^[9]。此外,该岩堆边坡中下部坡度较为平缓,起到主要支持作用,对岩堆滑坡稳定有利,但施工中在坡脚处开挖隧道进口,将会削弱此支持作用,诱发边坡上部堆积体下滑,且造成地表开裂。

隧道施工对岩堆体稳定性的影响主要表现在岩堆体局部失稳(坍塌)和沿基岩面整体失稳两方面,岩堆体边坡在施工中,对爆破等施工荷载作用敏感,松动围岩易发生浅层滑动,因此,在施工条件下,岩堆体的破坏模式主要分析为沿岩堆体内部的滑面滑动,当在降雨等影响下,会进一步加重边坡的失稳。且岩堆坡体破坏面主要集中在表层,表层活动碎石被冲刷、搬运,发生小范围滑动破坏,坡体深层滑动的可能性较小。

2.2 定量评价

2.2.1 计算模型的确定

以隧道进口主剖面为研究对象,结合定性分析岩堆体的滑坡破坏模式,分别利用 Geoslope 软件采用毕肖普法和简布法从隧道施工明挖放坡和明挖放坡增设抗滑桩两方面来分别进行正常工况与降雨工况下的稳定性计算,以确定施工措施的可行性,为该段隧道设计及施工提供科学依据。隧道进口岩堆主剖面模型如图2所示。

2.2.2 计算参数选取

稳定性计算参数是基于岩土工程勘察报告的基础上,再结合相应工程经验所取,如表1所示。

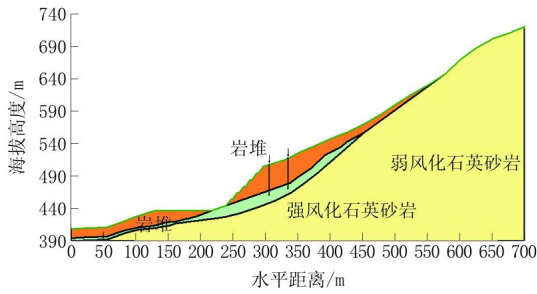


图2 隧道进口岩堆剖面模型(明挖放坡加设抗滑桩)

表1 岩堆边坡稳定性计算参数

岩土名称	天然重度/(kN·m ⁻³)	饱和重度/(kN·m ⁻³)	粘聚力/kPa	内摩擦角/(°)	饱水内摩擦角/(°)	渗透系数/(m·d ⁻¹)
岩堆体	22.0	23.5	0	34	33	34
石英砂岩	27.0	28.0	0	75	73	75

2.2.3 稳定性分析

隧道施工在正常工况和降雨入渗不利工况下,对比明挖放坡以及加设抗滑桩条件下的岩堆边坡稳定性计算结果见表2、表3,具体分析如下。

表2 正常工况下桩身参数及稳定性计算结果

施工措施	滑动模式	计算方法	桩间距/m	抗剪力/kN	桩身安全系数	计算稳定性系数	最小安全系数
明挖放坡	内部滑动	Bishop法				1.193	1.4
		Janbu法				1.190	1.4
明挖放坡加设抗滑桩	内部滑动	Bishop法	1.5	5000	1.5	1.403	1.4
		Janbu法	1.5	5000	1.5	1.400	1.4

表3 考虑降雨入渗条件下抗滑桩桩身参数及稳定性计算结果

施工措施	滑动模式	计算方法	桩间距/m	抗剪力/kN	桩身安全系数	计算稳定性系数	最小安全系数
明挖放坡	内部滑动	Bishop法				1.149	1.4
		Janbu法				1.146	1.4
明挖放坡加设抗滑桩	内部滑动	Bishop法	1.5	7000	1.5	1.430	1.4
		Janbu法	1.5	7000	1.5	1.426	1.4

2.2.3.1 正常工况下

从表2计算结果可以看出,该隧道施工中仅采取明挖放坡措施下稳定性系数均小于要求最小安全系数,而再加设2排抗滑桩情况下,计算稳定性系数均大于要求的最小安全系数,由此可见,为保证隧道施工的安全,采取明挖放坡加设抗滑桩的施工措施是有效的。

2.2.3.2 降雨工况下

从表3计算结果可以看出,在考虑降雨入渗条件下该隧道施工中仅采取明挖放坡措施下稳定性系

数均小于要求最小安全系数,而再加设两排抗滑桩情况下,计算稳定性系数均大于要求的最小安全系数,由此可见,为保证隧道施工的安全,采取明挖放坡加设抗滑桩的施工措施是有效的。而且计算结果也显示,在考虑降雨工况下,采取一定施工措施条件下岩堆边坡稳定性系数较正常工况稍有下降,但施工措施是有效的。

2.3 稳定性计算所采取的施工措施

为了保证隧道施工安全,本次稳定性评价中采取了相应的施工措施,具体说明如下。

(1)在隧道洞口采用明挖施工,槽体横断面呈倒梯形,开挖至隧道底板标高,开挖槽底宽度为隧道宽度且两侧各延宽 ≤ 1 m,以不影响安全施工为前提,同时两侧壁以45°放坡。沿隧道纵轴方向,开挖至隧道顶板与基岩结合处(自隧道入口点沿洞轴线约107 m处),再以总角度45°分级放坡成仰坡,每级台阶平台宽3 m,高10 m,最高一级台阶高11 m,且每级台阶坡面角为55°。坡顶标高约506 m,距隧道仰坡顶水平距离约4 m和34 m处分别布设抗滑桩,共两排,排距30 m,每排桩间距为1.5 m,根据软件模拟计算,依据实际情况,现状条件下桩体需提供5000 kN抗剪力;在考虑降雨作用下,桩体需提供7000 kN抗剪力。从最不利角度考虑,要求抗滑桩抗剪力 ≤ 7000 kN。

(2)为了保证隧道的稳定,建议在进口隧道底板进行注浆加固。在洞口明挖后,在隧道底板垂直钻孔,考虑地面作业条件,建议注浆在隧道结构完成前进行。

(3)若隧道在雨季施工时,为了截排山坡坡面汇流,建议沿隧道开挖明槽周边设置截水沟,同时在开挖明槽底板周边放坡脚处设置一条排水沟,以利于槽内积水外排。

(4)隧道结构施工完毕后,应尽快回填以恢复原貌,以保证岩堆体的长期稳定,同时应注意采取上覆岩堆松散体与隧道结构间的防渗措施,以减少岩堆体入渗雨水对隧道结构材料的侵蚀作用。

3 结论

(1)通过现场调查,定性分析进口岩堆体现状工况下坡体表象稳定,属于趋于静止阶段^[9],在施工条件下,岩堆体的破坏模式主要分析为沿岩堆体

(下转第89页)

及用量要求,且能达到较大的旋喷作用范围(直径800 mm)。

5 结论

(1)旋喷注浆技术由于其工艺特点,在上海地区等低渗透性土层中进行原位修复时,可克服传统原位注入技术(如注入井)效率低、效果差等缺点,实现药剂的有效输送和混合。从成本、工效及效果等因素考虑,二重管法更适用于污染场地原位修复工程施工,在施工过程中可通过调整工艺参数,达到减少返浆甚至不返浆的目的。

(2)为提高旋喷注浆技术在污染场地原位修复中的适用性,本文基于传统旋喷工艺,对二重管法旋喷工艺参数进行改进设计,初步设计为:注浆压力20~25 MPa,喷嘴直径2.0~2.5 mm,提升速度30~75 cm/min,旋转速度10~15 r/min。

(3)本研究开展旋喷注浆现场试验,以验证设计工艺参数的合理性和有效性。现场试验表明,旋喷体直径随喷嘴直径增加而略有增大,直径与提升速度相关性较小;旋喷体分层现象明显,实测螺距值与理论计算值接近,结合地层条件及修复案例分析,适用螺距为2 cm左右;建议旋喷工艺参数为注浆压力25 MPa,喷嘴直径2.5 mm(单喷),提升速度30 cm/min,旋转速度15 r/min,采用该参数进行施工可初步满足药剂浓度及用量要求,且能达到较大的旋喷作用范围(800 mm直径)。

(4)由于各场地地层条件不一,使用高压旋喷

注浆工艺进行污染场地原位修复施工时,需在施工前进行现场中试,筛选出适用于该场地地层条件和污染特性的旋喷施工工艺参数,利用该组工艺参数进行施工,能使修复药剂与污染土混合均匀,同时达到旋喷作用半径较大、返浆量较少、注浆量略大于理论计算值的目的,最终施工完成后的场地能保持较好的工程强度。

参考文献:

- [1] 周际海,黄荣霞,樊后保,等.污染土壤修复技术研究进展[J].水土保持研究,2016,23(3):366-372.
- [2] 冯俊生,张俏晨.土壤原位修复技术研究与应用进展[J].生态环境学报,2014,23(11):1861-1867.
- [3] 牛虹.高压旋喷法的施工特性及设备[J].工业建筑,2002,32(10):52-59.
- [4] 余暄平.国内外高压旋喷技术的发展现状与趋势[J].成果应用,2006,(4):185-189.
- [5] 徐平,张敏霞,丁亚红.高压旋喷注浆加固设计及应用[J].山西建筑,2009,35(13):94-95.
- [6] 刘黎,崔晓峰.高压旋喷桩处理技术在软土地基中的应用[J].公路交通科技(应用技术版),2011,(11):131-134.
- [7] 殷湘舰,周意红.双高压旋喷桩在超深地下连续墙接缝止水加固中的运用研究[J].吉林建筑工程学院学报,2014,31(3):35-39.
- [8] 高骏.岩土施工技术在污染场地治理中的应用研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(3):75-79.
- [9] 唐小龙,吴俊锋,王文超,等.有机污染土壤原位化学氧化药剂投加方式的综述[J].化工环保,2015,35(4):376-380.
- [10] 韩金田.复合注浆技术在地基加固中的应用研究[D].湖南长沙:中南大学,2007:14-18.

(上接第92页)

内部的滑面滑动,当在降雨等影响下,会进一步加重边坡的失稳。但岩堆坡体破坏面主要集中在表层,发生小范围滑动破坏,坡体深层滑动的可能性较小。

(2)通过对大前石岭隧道进口岩堆稳定性评价表明,该隧道施工过程中,采取一定施工措施条件下(明挖放坡+抗滑桩),无论在正常工况下还是降雨工况下,均能保证岩堆边坡的稳定,证明了施工措施的有效性,也便于同类工程得以借鉴。

参考文献:

- [1] 陈建平.高边坡岩堆地区隧道洞口段围岩稳定性分析[D].四

川成都:西南交通大学,2008.

- [2] 杨慧之,邓清禄,李佰龙.桓仁岩堆特征及稳定性研究[J].低温建筑技术,2016,(5):126-128.
- [3] 文谦.高等级公路岩堆体边坡稳定性分析研究[D].上海:同济大学,2007.
- [4] 李乾坤,石胜伟,韩新强,等.国内地质灾害机理与防治技术研究现状[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(7):52-54.
- [5] 编写组.铁路工程地质手册(修订版)[M].北京:中国铁道出版社,2010.
- [6] TB 10025—2006,铁路路基支挡结构设计规范[S].
- [7] TB 10027—2012,铁路工程不良地质勘察规程[S].
- [8] 宋国龙.露天煤矿边坡稳定性实例分析及优化设计[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(10):30-35.
- [9] 熊斌.基于ANSYS软件的边坡开挖模拟和稳定性评价[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(2):64-68.