

文章编号: 1674—8247(2019)01—0087—04
DOI:10.12098/j.issn.1674-8247.2019.01.018

斜长花岗岩边坡稳定性研究

甘跃明

(中铁二院工程集团有限责任公司, 成都 610031)

摘要:在连续多日的大暴雨后,某高边坡强卸荷松动的危岩体发生了大崩塌,根据测绘和三维激光扫描,崩塌陡崖基岩裸露,岩体为斜长花岗岩,陡崖高40~80 m,延伸长度近400 m。由于该段陡崖岩体曾多次发生过不同规模的岩体崩塌,在岩壁多处出现了“凹腔”,“凹腔”使上部的岩体形成了倒悬状,倒悬状岩体极易顺外倾结构面和张裂隙在内、外营力作用下发生掉块和崩落。文章以这一工点为研究背景,进行了陡崖边坡稳定性分析及评价,并针对不同稳定性特征的陡崖提出了不同的治理方案,可为类似工程提供借鉴。

关键词:地质勘察;崩塌体;危岩性状;落石坑

中图分类号:P642.21 **文献标志码:**A

Study on Stability of Plagioclase Granite Slope

GAN Yueming

(China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd., Chengdu 610031, China)

Abstract: After several days of torrential rain, the dangerous rock mass with strong unloading and loosening on a high slope collapsed. According to surveying and mapping and three-dimensional laser scanning, the bedrock of the collapsed steep cliff with a height of 40~80 m and an extension length of nearly 400m is bare and the rock mass is plagioclase granite. Because the steep cliff rock mass in this section has collapsed many times in different scales, the concave cavities where the upper rock mass form an inverted suspension appear in many places of the rock wall. The concave cavity made the upper rock mass form an inverted suspension. The inverted rock mass is easy to fall and collapse along the inclined structural plane and the tension crack under the action of internal and external forces. This paper, taking this construction site as the study background, carries out the stability analysis and evaluation of the steep cliff slope, and puts forward different treatment schemes for different stability characteristics of the cliff, which can provide reference for similar projects.

Key words: geological survey; collapse accumulation; dangerous rock properties; rockfall pit

勘察区位于四川省甘孜藏族自治州康定县大渡河深切峡谷地带,两岸地形陡峻,如图1所示。节理发育,大多岩体被切割得支离破碎,松弛卸荷强烈^[1],整个坡面上广泛分布松弛破碎的块石,对公路的安全运营造成了极大的安全隐患。

1 地质概况

1.1 地层岩性

地质调绘和勘探揭示,勘察区总体上地层较单一,岩性较简单。上覆第四系主要为河流阶地冲、洪积物

收稿日期:2018-09-12

作者简介:甘跃明(1963-),男,工程师。

引文格式:甘跃明.斜长花岗岩边坡稳定性研究[J].高速铁路技术,2019,10(1):87-90.

GAN Yueming. Study on Stability of Plagioclase Granite Slope [J]. High Speed Railway Technology, 2019, 10(1): 87-90.



图 1 发生崩塌落石后的边坡

(Q_4^{al+pl});崩、坡积层(Q_4^{col+dl})及冰水堆积物(Q_3^{fel})。下伏地层主要为晋宁—澄江期侵入岩,岩性以斜长花岗岩($\gamma_2^{(4)}$)为主,穿插有闪长岩($\delta_2^{(3)}$)、花岗闪长岩、角闪斜长岩质混染岩等^[2]。

(1)粉质黏土(Q_4^{el+dl}):灰黄色,硬塑,夹 30% 花岗岩质碎石角砾,易挖掘。

(2)碎、块石土(Q_4^{col}):灰白色,干燥,松散,石质为花岗岩及闪长花岗岩等,石质占 100%,块径为 5~80 cm,系上部陡崖长年崩塌物质。

(3)碎石土(Q_4^{col+dl}):褐黄色、灰褐色、灰白色、杂色等,稍湿,中密,石质花岗岩;石质风化程度不等,从强风化~弱风化均有产出。

(4)斜长花岗岩($\gamma_2^{(4)}$):浅灰、灰白色,偶见肉红色,中细粒、中粗粒结构,块状构造。强风化~弱风化,局部表面少量强风化。

1.2 地质构造

勘查区位于青藏断块边缘地带,大地构造部位处于扬子地台与松潘—甘孜地槽系 I 级构造单元交界部位的西侧。

2 崩塌勘察

2.1 崩塌体

崩塌体高边坡中部凸起区域,如图 1 所示,高程 2 020~2 155 m,在平面上呈“L”形状。现场可清晰地看到崩塌形成较为新鲜的岩面及下方缓坡地段形成的浅色崩塌堆积物。

根据地表测绘和三维激光扫描,陡崖基岩裸露,岩性为斜长花岗岩弱风化(W_2),陡崖高 40~80 m,左右延伸长度近 400 m。岩体构造节理、卸荷裂隙、风化裂隙十分发育,两组或两组以上“X”节理将岩体切割成 0.5~5 m 的块体^[3]。河流及坡面沿一组长大节理发育,坡面卸荷裂隙发育,节理产状 N33~65°W/75~85°SW,倾向大渡河。而在崩塌源右侧 180 m 处,陡崖

走向由 NW 转向 N69°E,倾 SE,倾角为 60°~80°。

2.2 落石堆

崩塌陡崖下方的坡面上,因大量的花岗岩碎块石停留形成了落石堆,总体分布范围很广,顶部高程 2 020 m 左右,自然坡度约为 42°,平面几何尺寸为不规则形状,上窄下宽,局部呈扇形,长约 100 m,中轴线走向 N53°E,横向宽度 3~25 m,高出地面 10~50 cm,厚度 0.1~1.0 m。石质主要以斜长花岗岩为主,偶见闪长岩方量约 300 m³。

2.3 落石坑

落石坑在空间分布上集中于高程 1 830~2 035 m 的斜坡上,形状不规则,呈扇形状、长条形、纺锤形,落石坑的规模大小也不一致,落石坑具有明显的刨蚀现象,坑深约 0.3~0.5 m,个别坑内有少量的碎、块石,石质均为花岗岩,多呈次棱角状^[4]。

3 陡崖边坡稳定性分析及评价

3.1 陡崖边坡稳定性分析

通过边坡岩体质量法的经验公式和荷载作用对边坡岩体应力的影响分析,综合确定自然边坡稳定坡角^[5]。

3.1.1 经验公式的介绍

由于回弹值与块度乘积正好反映了不同强度和组合时的岩体质量,因此将岩体质量定义为:

$$RQ = R \times \log D \tag{1}$$

根据大量边坡的统计分析,并进行曲线拟合得到了岩体质量与边坡的稳定坡角之间的关系为:

$$\theta = \gamma_h \times [14.7 \times \ln(\gamma_w \times R \times \log D) + 13] \tag{2}$$

式中: θ ——边坡稳定坡角;

γ_h ——坡度折减系数,取值如表 1 所示;

γ_w ——地下水折减系数,取值如表 2 所示;

R ——HT75 型回弹仪所测回弹值;

D ——岩石的视块度。

由下式求得:

$$D = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n d_i} \tag{3}$$

式中: d_i ——野外所测岩石的节理间距;

n ——野外所测的节理的组数。

表 1 不同坡高的坡度折减率

坡高/m	20~30	30~40	40~50	50~60	60~80	80~100	>100
坡度折减率 γ_h	1.00	0.96	0.90	0.86	0.83	0.80	0.80

表 2 地下水折减系数

含水情况	干燥	潮湿	滴水	线流
折减系数 γ_w	1~0.9	0.85~0.8	0.8~0.7	0.7~0.5

若野外所测回弹值为岩石风化层的回弹值,则需进行如下转化:

$$R = R_f/f_R \tag{4}$$

式中: R_f ——岩石风化层的回弹值;
 f_R ——风化折减系数,其取值如表3所示。

本勘查所用回弹仪为 HT225 型,因此采用下式进行转化:

$$208R_{75} = 194.7R_{225} - 595 \tag{5}$$

表3 风化折减系数

等级	未风化	微风化	风化颇重	风化极重
风化折减系数 f_R	>0.95	0.95~0.75	0.75~0.4	<0.4

3.1.2 自然边坡稳定坡角的计算

根据实测断面、辅助断面和利用式(2)对崩塌边坡稳定坡角进行计算如下:

野外用 HT75 型回弹仪测得岩体的回弹值平均值 36,按式(3)计算得岩体块度为:

$$D = \sqrt[n]{\prod_1^n D_i} = \sqrt[3]{60 \times 50 \times 15} = 35.6 \text{ (cm)} \tag{6}$$

该崩塌区岩性以斜长花岗岩为主,其下游侧有闪长岩混杂,岩体结构整体破碎,呈块裂状到碎裂结构,整体风化程度为弱风化。地下水折减系数 $\gamma_w = 0.8$;边坡高约 80 m,高度折减系数取 $\gamma_h = 0.8$,边坡自然稳定坡角为:

$$\theta = 0.80 \times [14.7 \times \ln(0.8 \times 30 \times \lg 35.6) + 13] = 52.9^\circ \approx 53^\circ \tag{7}$$

式(7)计算未考虑地震对边坡的自然稳定坡角的影响。

根据《四川、甘肃、陕西部分地区地震动峰值加速度区划图》和《四川、甘肃、陕西部分地区地表震动反应谱特征周期区划图》,勘查区地震动峰值加速度为 0.2 g,地震动反力谱特征周期为 0.40 s,基本烈度为Ⅷ度^[6]。按折减后计算,则自然边坡的稳定坡角约

表4 设计岩土物理、力学指标建议值

岩土名称	地层时代	状态	天然密度 ρ /(g/cm ³)	凝聚力 c /MPa	内摩擦角 φ /(°)	基底摩擦 系数 f	临时开挖边 坡率 n_0	基本承载力 σ_0 /kPa	天然/饱和极限 抗压强度 R /MPa
斜长花岗岩	$\gamma_2^{(4)}$	中风化(W_2)	2.64	11	61.5	0.65	防护	2 000	76.8/75

本工地花岗岩属于较硬岩,由于节理裂隙发育,岩性较差。据此,设定岩石与锚固体粘结强度特征值 f_{tb} /kPa,供设计计算锚固长度时使用,如表5所示。

表5 岩石与锚固体粘结强度特征值

岩石类别	f_{tb} /kPa
斜长花岗岩(W_2)	650

为 50°。
根据稳定坡角计算式(3)得到的结果绘制稳定坡角线,如图2所示,由于陡崖边坡自然坡度在 70°左右。用以上自然状态和地震状态的计算坡度两线,从图2可以看出,陡崖边坡的自然坡角远大于稳定坡角。如在各种内、外营力条件下,该边坡将发生失稳,并出现不同模式和不同程度的崩塌落石灾害。

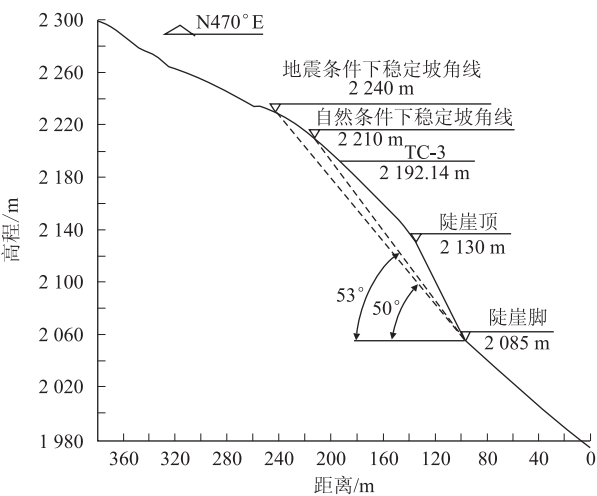


图2 边坡稳定坡角线检算示意图

3.2 陡崖边坡稳定性评价

根据稳定坡角计算,陡崖边坡的自然稳定坡角应为 53°,而研究区陡崖边坡(高程 2 160 m 以下)的自然坡角为 62°~78°,即现自然陡崖边坡坡角远大于边坡的稳定坡角,边坡处于不稳定状态,在风化、暴雨、地震等内、外营力的作用下,边坡可能加速位移变形,从而造成陡崖边坡失稳,导致崩塌落石的灾害发生^[7]。

因此,只有对边坡尽快采取综合整治,才能对山下村民和公路营造一个相对安全的生活及运营环境。

4 设计岩土物理、力学参数

根据崩塌体处的岩石样和坡面钻孔岩芯样本的试验,其花岗岩的岩土物理、力学指标,如表4所示。

5 工程治理方案

根据本次勘查,工程针对不同稳定性特征的陡崖,可采取以下综合治理方案:

(1)对整个陡崖边坡的松动岩块,主要是典型破碎危岩区内的破碎岩块。可采用人工清除治理

方案^[8]。

(2)对基本稳定区的陡崖体,可采用系统锚杆挂网喷混凝土治理,其陡崖下部可考虑被动网拦截防护。

(3)对崩塌源左侧的欠稳定区,可采取系统锚杆加主动网或间插部分预应力锚索的治理方案。

(4)对崩塌源右侧的欠稳定区,可采取长锚杆或预应力锚索方案,且在靠近不稳定区的部位再加设部份主动防护网措施。

(5)对不稳定区的治理,应考虑以预应力锚索、结合长锚杆并施以主动网防护为主。

(6)对整个治理区的陡崖边坡,应考虑坡体排泄基岩裂隙水方案,即增设盲管排水孔。而对陡崖上部坡面应设置坡面截、排水工程。

(7)对陡崖下部的崩塌堆积区(落石堆),建议以清除为主,也可考虑在其中部和下部各设一道浆砌石挡墙或采用主动网进行罩护的治理方案,以防止暴雨、人文活动和放牧等外营力造成的坡面滚石和碎屑流地质灾害。

6 结束语

由于该高边坡陡崖松散危石较多,陡崖边坡卸荷带厚度较大,综合性防治工程势在必行。本文通过地质勘查,对不同稳定性特征的陡崖,提出了具体针对性的综合治理设计方案。

总之,根据不同危岩特征,不同稳定性状况,应采取不同的防治工艺设计和施工组织设计。对斜长花岗岩高边坡崩塌陡崖进行综合性治理,其地质勘查工作具有典型意义。

参考文献:

[1] 蒋良文,王科.西南地区铁路工程地质的基本特征[J].铁道工程

学报,2010,27(S1):85-87.

JIANG Liangwen, WANG Ke. Basic Characteristics of Railway Engineering Geology in Southwest China [J]. Journal of Railway Engineering Society, 2010, 27(S1): 85-87.

[2] 中铁二院工程集团有限责任公司. 铁路工程地质实例(西南及相邻地区分册)[M]. 北京:中国铁道出版社,2011.

China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd. Examples of Railway Engineering Geology (Fascicule for Southwest and Adjacent Regions) [M]. Beijing: China Railway Publishing House, 2011.

[3] 刘佑荣. 岩土力学[M]. 北京:中国地质大学出版社,2010.

LIU Yourong. Geotechnical Mechanics [M]. Beijing: China University of Geosciences Press, 2010.

[4] TB 10027-2012 铁路工程不良地质勘察规程[S].

TB 10027-2012 Regulations for Unfavorable Geology Investigation of Railway Engineering[S].

[5] 李隽蓬. 铁路岩石边坡坡度确定及稳定性分析[J]. 铁道工程学报, 2005, 22(S1): 348-349.

LI Junpeng. Grade Determination and Stability Analysis of Railway Rock Slope [J]. Journal of Railway Engineering Society, 2005, 22(S1): 348-349.

[6] GB 18306-2015 中国地震动参数区划图[S].

GB 18306-2015 Seismic Ground Motion Parameter Zonation Map of China [S].

[7] 胡厚田. 崩塌落石研究[J]. 铁道工程学报, 2005, 22(S1): 387-389.

HU Houtian. Research on the Collapse and Falling Stone [J]. Journal of Railway Engineering Society, 2005, 22(S1): 387-389.

[8] 铁道部第一勘察设计院. 铁路工程地质手册(第2版)[M]. 中国铁道出版社, 1999.

First Survey and Design Institute of the Ministry of Railways. Handbook of Railway Engineering Geology (2nd edition) [M]. China Railway Publishing House, 1999.

(编辑:赵立红 张红英)

(上接第86页)

[8] 王新敏. ANSYS 工程结构数值分析[M]. 北京:人民交通出版社, 2007.

WANG Xinmin. Numerical Analysis of ANSYS Engineering Structure [M]. Beijing: China Communications Press, 2007.

[9] 刘学毅,赵坪锐,杨荣山,等. 客运专线无砟轨道设计理论与方法[M]. 成都:西南交通大学出版社, 2010.

LIU Xueyi, ZHAO Pingrui, YANG Rongshan, et al. Design Theory and Method for Ballastless Track on Passenger Dedicated Line [M]. Chengdu: Southwest Jiaotong University Press, 2010.

[10] 彭勇. 双块式无砟轨道床板上拱参数影响分析及整治技术方案研

究[D]. 成都:西南交通大学, 2013.

PENG Yong. Analysis on the Parameter Influences and Research on the Improvement Measures of Track Slab Upward of Double-block Ballastless Track [D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2013.

[11] 姜鹏. 双块式无砟轨道结构道床板上拱的成因分析与整治措施研究[D]. 成都:西南交通大学, 2011.

JIANG Peng. Analysis on the Cause of Swelling Track Slab of Double-block Ballastless Track and Improvement Measures [D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2011.

(编辑:车晓娟 白雪)