

破碎岩质边坡勘察及稳定性评价

齐颖 苟家满 刘春 刘东好

中兵勘察设计院有限公司

DOI:10.32629/etd.v7i4.20255

[摘要] 破碎岩质边坡工程地质条件一般较为复杂,兼具土质和岩质边坡特点,其稳定性受整体抗剪强度和优势结构面特征双重控制;同时,其透水性较好,地下水对其稳定性影响较大。本文通过现场调查、物探、钻探等方法查明其破碎带厚度及物理力学参数,并通过多种方法对其稳定性评价,求得边坡稳定状态,为下一步的边坡支护设计和施工提供依据。

[关键词] 破碎岩质边坡; 节理岩体; 圆弧滑动; 楔形体稳定

中图分类号: U213.1+3 **文献标识码:** A

Investigation and Stability Evaluation of Broken Rock Slopes

Ying Qi Jiaman Gou Chun Liu Donghao Liu

China Ordnance Survey, Design and Research Institute Co., Ltd.

[Abstract] The engineering geological conditions of broken rock slopes are generally complex, featuring both soil slope and rock slope characteristics. Their stability is dually controlled by the overall shear strength and the characteristics of dominant structural planes. Meanwhile, due to good water permeability, groundwater exerts a significant impact on their stability. In this paper, field investigation, geophysical prospecting, drilling and other methods are adopted to ascertain the thickness of fractured zones and physical-mechanical parameters. A variety of methods are used to evaluate slope stability and determine the stable state, providing a basis for the subsequent slope support design and construction.

[Key words] Broken Rock Slope; Jointed Rock Mass; Circular Sliding; Wedge Stability

引言

拟建场地位于江西省赣北某山顶,拟在山顶修建一塔形构筑物,要求的地基承载力为200kPa,山顶场地西北侧约20m为天然高陡边坡,相对高差约60m。拟在地基基础设计前,对其进行专项勘察评价。

拟建项目重要性等级高,边坡高陡,边坡岩性破碎,边坡的稳定性对拟建项目的安全施工、运转意义重大。因此,对边坡进行专项勘察,评价其稳定性,提供安全可靠的支护方案及参数,是本次专项勘察的重要任务。

1 场地岩土工程条件

1.1 地质构造

拟建场地属萍(乡)-乐(平)凹陷带的北东向构造带的北东端,场地东南约1.6km处有非活动逆断层通过,并伴有宽约1.2km的韧性剪切带。该区地震基本烈度值为Ⅵ度区。

拟建场地内主要构造形态除局部的小型褶皱外,主要为三组扭张节理。第一组:平均走向80°、倾向170°、倾角72°,节理面大多平直光滑,局部偶见糜棱状构造;第二组:平均走向38°、倾向308°、倾角65°,节理产状有一定变化,该组节理为

岩体的面理,角度较大,节理面较平直光滑,节理面处应力集中,该组节理发育处岩体较为破碎,普遍发育于整个场地,局部偶见糜棱状构造;第三组:平均走向60°、倾向330°、倾角33°,较平直光滑,泥质充填。三组节理面均为软弱结构面。

1.2 地形地貌

拟建场地地貌属侵蚀构造中低山区,山体斜坡部分陡峭,山脊相对较为平坦。

1.3 地层情况

场地地层情况较为简单,表层为第四系残坡积(Q₃₋₄^{el+dl})层。包含:

植物层①:主要成分为黏性土夹碎石,含大量植物根系,厚度约0.05~0.20m。

碎石②:稍湿,松散~稍密。磨圆度差,一般粒径2~8cm,最大粒径约15cm,厚度为0.20~0.60m。

其下为前震旦系双桥山群(Pt₂S)板岩:

强风化板岩③:灰黄色、红褐色、灰绿色。与变质砂岩局部构成不等厚韵律层,偶见千枚状板岩、深灰色凝灰质板岩,岩心破碎,节理裂隙发育,呈碎块状、短柱状,属软岩,岩体基本质

量级别为V级。根据钻探成果, 结合物探判断, 该层厚度整体大于25m, 为本次边坡勘察的重点层位。

中等风化板岩④: 该层位于强风化板岩③下部, 灰色、青灰色。主要为薄层粉砂质板岩、板岩, 与变质砂岩局部构成不等厚韵律层, 节理裂隙一般发育, 呈块状、短柱状和长柱状, 属较坚硬岩, 岩体基本质量级别为III级。

1.4 气象和水文地质条件

该区属于亚热带季风气候, 降雨量集中于初夏, 为690mm。

区域地表水较为丰富, 但是山顶周围无地表水体, 在钻孔60m深度范围内也未观测到稳定地下水位。

2 现状边坡调查

该段边坡长度约为68m, 相对高差约为60m, 坡比为0.859, 边坡形态为近直立型边坡, 岩芯受构造影响和节理切割, 较为破碎, 现状破坏形式为局部表层碎石②层的溜滑、楔形体滑动和坡体开挖处强风化板岩③层的深层滑动(见图1、图2)。



图1 表层溜滑破坏



图2 楔形体滑动

3 边坡岩土物理力学性质

根据本次勘察的试验结果和岩体结构面特征, 各岩土层和抗剪强度相关的物理力学参数建议值见表1。

表1 岩土层物理力学指标建议值

地层层号 项目	①	②	③	④
天然重度 γ (kN/m ³)	17.0	21	23	26
饱和重度 γ_{sat} (kN/m ³)	18.0	21.3	23.2	26.2
岩体等效内摩擦角 ϕ_e °			43	62
岩体天然内聚力 c (kPa)	20	5	260	2500
岩体天然内摩擦角 ϕ °	10	30	32	45
岩体饱和内聚力 c' (kPa)	16	3	200	2000
岩体饱和内摩擦角 ϕ' °	8	25	30	40
节理天然黏聚力 c _j (kPa)			50	510
节理天然内摩擦角 ϕ_j °			26	42
节理饱和黏聚力 c' _j (kPa)			20	350
节理饱和内摩擦角 ϕ_j' °			23	38

4 边坡稳定性评价

对表层土①、②层, 因为其整体厚度较小, 主要沿岩土界面滑动, 采用折线法计算, 其理论依据为康普斯坦-普莱根法。

因强风化岩③层厚度整体大于25m, 其中等风化岩石完整性较好, 强度较高, 本次以强风化板岩为主体, 进行边坡稳定性评价。

因该层岩芯破碎时, 先按照似土的圆弧滑动法求解其稳定性; 同时, 该层结构面具有稳定的产状分组特征, 采用沿结构面的平面滑动或楔形体滑动分析法。

同时, 兼顾定性定量评价结合的方式^[1], 用赤平投影、数值计算方法及计算机模拟法进行对比分析。

按永久边坡和一级边坡考虑, 本项目安全系数F_{st}为1.35。

场地在雨季、坡脚开挖后, 边坡稳定性系数大幅降低, 出现了滑坡。故本次计算工况主要选择一般工况、雨季和雨季+坡体开挖三种工况评价。因场地地震基本烈度值为VI度, 评价时, 不考虑地震工况。

(1) 表层土的稳定性评价。因表层土①、②层整体较薄, 不具备有限元、有限差等模拟软件剖分基础^[2], 故采用数值计算法, 按照折线滑动面分析, 分析理论为康普斯坦-普莱根法, 指定滑动折线界面为强风化板岩③层的顶面。

一般工况:

选用天然抗剪强度指标, 进行分析。

根据软件数值计算结果, 在考虑局部不稳定(局部极值)的情况下, 其安全系数为1.52; 整体安全系数为2.65, 均大于F_{st}。

雨季工况:

暴雨季节, 水流沿坡面渗入, 同时存在坡面流, 考虑水对表层土的水压力, 同时对抗剪强度进行折减, 采用饱和抗剪强度和饱和容重, 软件计算结果, 坡面的局部稳定系数为0.91, 其整体稳定系数为1.74。

根据评价结果, 坡面尚能整体保持稳定, 但局部碎块已从坡底开始破坏, 暴雨持续的情况下, 如果碎块持续破坏, 坡面稳定状态进一步降低, 容易进入失稳状态。

(2) 强风化岩③层的稳定性评价

一般工况:

a、按松散体土类的圆弧滑动形式,用软件进行数值计算和数值模拟,其稳定系数分别为1.08和1.19,即 $1.05 < F_s < F_{st}$,为基本稳定状态。

b、按结构面控制稳定性分析:首先采用赤平投影法定性分析,岩层面(面理)、坡面、节理2互相切割形成楔形体^[3],在开挖面与坡面同向,开挖面较陡的情况,存在沿其组合线滑动的可能,可能为不稳定结构。

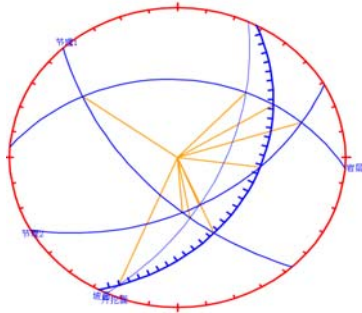


图3 强风化板岩③层赤平投影分析图

再采用软件进行此楔形体的数值计算,根据软件计算结果,稳定系数 F_s 为3.524,大于安全系数 F_{st} ,该楔形体在空间关系上虽然可能沿组合线滑动,但一般工况,抗剪强度足够阻止其下滑力,为稳定状态。

用可以进行结构面离散化的模拟软件进行数值模拟。根据软件验算结果,稳定系数 F_s 为2.88,大于安全系数 F_{st} ,一般工况下,边坡楔形体为稳定状态。

雨季工况:

分别按照圆弧滑动和结构面控制,考虑地下水的影响,抗剪强度采用饱和折减强度^[3],参照上述流程,进行数值计算和模拟。按松散体圆弧滑动数值计算和数值模拟,边坡稳定系数为0.45和0.86;按结构面控制滑动数值计算和数值模拟,边坡稳定系数为1.15和0.55,均小于边坡安全系数 F_{st} ,按松散体圆弧滑动时,不稳定区域最早出现在底部,按控制面滑动分析时,其不稳定区域多出现在上部。

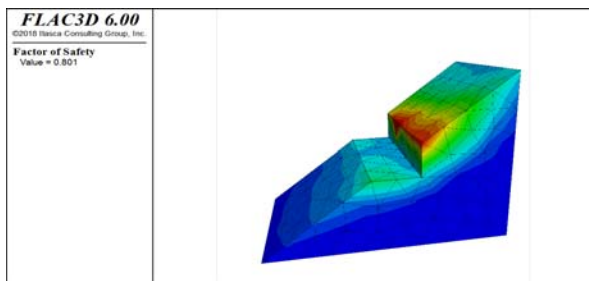


图4 强风化板岩③层数值模拟结果(雨季开挖工况)

雨季开挖工况:

开挖时,相当于开挖部分以上边坡的坡脚破坏,仍参照上述流程进行分析,按松散体圆弧滑动数值模拟,其稳定系数0.80,

不稳定区域全部集中在边坡开挖处;按结构面控制滑动数值模拟,其稳定系数为0.30,不稳定块体已开始变形滑塌。

综合以上分析,结合现状边坡形态,综合考虑各种方法分析结果,表层土(植物层①、碎石土②)容易在雨季沿表层溜滑;以强风化板岩为主体的边坡体,兼具松散体和结构面岩体特性,一般工况边坡稳定系数为1.19,为基本稳定状态;雨季工况下的稳定系数为1.01,为欠稳定状态;雨季直立开挖且无支护工况下(不利开挖状态),其值为0.55,为不稳定状态,其不稳定部分主要出现在各裂隙切割块体的上部,不稳定块体的集合体分布于圆弧型滑面范围内。

5 支护建议

考虑到场地所处区域存在的气候条件,因拟建场地位于山顶,空间狭小,现状边坡高陡,岩体破碎,建议采用板肋式或格构式锚杆挡墙支护,并在设计时考虑采用防排水一体化措施^{[4][5]}。

6 结语

本次勘察采用现场调查、钻探、物探和室内试验等多种方法综合分析,获取了现场岩土体物理力学参数,再采用定性和定量结合的多种分析手段^[3],对边坡的稳定性进行了数值计算和数值模拟,评价了三种工况下边坡稳定情况,并根据实际情况,提出了板肋式或格构式锚杆挡墙支护和防排水一体化的支护建议。

目前,边坡的稳定性与边坡高度、地质条件、水文条件、支护结构类型、施工开挖方案等因素相关,变形计算复杂且不够成熟,有关规范均未提出较成熟的计算方法^[2],工程实践中多根据地区经验进行试算,故在边坡勘察和稳定性评价中,应综合采用多种分析方法,结合地区经验和实地调查情况,综合评估。

【参考文献】

- [1] GB50330—2013建筑边坡工程技术规范[S].北京:中国建筑工业出版社,2013.
- [2] 雷用刘兴远吴曙光.建筑边坡工程手册[M].北京:中国建筑工业出版社,2018.
- [3] 化建新,郑建国.工程地质手册(第五版)[M].北京:中国建筑工业出版社,2018.
- [4] 廖廷周,刘韬,曾耀.破碎岩体边坡稳定性分析及治理对策研究[J].中国水运,201616(7):321-322.
- [5] 张玉城.岩体结构面对碎裂岩质边坡稳定性的影响[J].基础建筑,201830(1):16-17.

作者简介:

齐颖(1985—),女,汉族,内蒙古莫力达瓦自治旗人,硕士研究生,中级工程师,研究方向:岩土工程技术。

苟家满(1981—),男,汉族,四川省苍溪县人,硕士研究生,高级工程师,研究方向:水文地质工程地质。

刘春(1982—),女,汉族,河南省南阳市镇平县人,硕士研究生,正高级工程师,研究方向:岩土工程及文物保护工程。

刘东好(1983—),男,汉族,河南省息县人,硕士研究生,高级工程师,副总经理,研究方向:岩土工程。