

# 山区高速公路高边坡滑坡治理方案研究

葛绪祯

(中交第二航务工程勘察设计院有限公司,湖北 武汉 430000)

**摘 要:**为探讨山区高速公路高边坡滑坡治理合理方案选择,以贵州省道新高速公路某高边坡滑塌为据,依据工程地质条件与边坡自身稳定状态,分析边坡滑塌产生的原因,采用不平衡推力法对边坡稳定性进行验算。根据验算结果提出采用抗滑桩配预应力锚索的方式进行边坡加固,并阐述加固施工方法。对抗滑桩桩顶位移进行监测,数据表明加固效果良好,能够有效治理边坡下滑,保证工程安全。

**关键词:**高速公路;高边坡;滑塌;抗滑桩;预应力锚索

**中图分类号:** U416.1+4

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1009-7716(2021)10-0063-03

## 1 工程背景

K135+900~K136+100段右侧边坡原设计为四级坡,一、二级边坡坡率1:0.75,防护形式为锚杆格构梁防护;三、四级边坡坡率分别为1:1、1:1.25,防护形式分别锚杆格构梁防护和拱型骨架植草防护,每级平台宽2 m。边坡刷坡过程中,由于连续降雨的影响导致已放坡好的3、4级坡局部发生垮塌,边坡3、4级台阶处逐渐形成了10~20 cm宽的拉伸裂缝,边坡2级台阶处发生剪切破坏,随着边坡变形的加剧,逐渐形成滑坡。

## 2 坡体变形原因

坡体变形的原因大致可分为内因和外因两类<sup>[1]</sup>,总结如下:

### (1)第一类:内因

#### a. 地形地貌

滑坡体边缘被两条冲沟切割,坡体侧向约束较弱。滑坡区位于山间垭口地带,容易汇集较多地表水,滑坡体因此处于饱水状态。

#### b. 地层岩性

滑坡地层主要为碎石、断层角砾岩、中风化砂质泥岩。碎石层属透水层,厚度大,为雨季主要的地下水赋集层;断层角砾岩属透水层,极软岩,半岩半土状,容易汇集较多地下水。中风化砂质泥岩属隔水层,稳定性相对较好。在碎石与中风化砂质泥岩的接

触带、断层角砾岩与中风化砂质泥岩的接触带,地下水容易富集,软化、泥化交界面,形成软弱泥化夹层。坡体可能沿该软弱面转移失稳。滑坡体前缘发育的断层角砾岩,强度低,雨水易软化崩解,自稳性差<sup>[2-3]</sup>。

该段滑坡位于断层角砾岩、中风化白云岩两种差异性较大的岩体的接触带。断层角砾岩属极软岩,多分布于滑坡体的中上部,中风化白云岩属硬质岩,工程地质性质较好,多分布于滑坡体的下部。路堑施工,位于坡体下部中风化白云岩多被开挖,坡脚处原有的天然抗滑力消失,坡体中上部的断层角砾岩出露于地表,整个坡体的受力平衡发生改变。

#### c. 地质构造

路堑开挖后揭示在线路左右两侧发育断层,断层与线路在K135+963处以近40°的斜交,断层破碎带少量分布在路床,大量分布于右侧边坡坡体。宽度20~30 m,路堑开挖揭示断层长度约200 m。断层破碎带大量发育灰黑色断层角砾岩,强度低,雨水易软化崩解,自稳性差。

### (2)第二类:外因

#### a. 降雨

施工期间坡体在雨水浸泡和日晒的交替作用下,断层角砾岩遇水软化崩解,风化严重,多变成散体状。层面产生软化、泥化,尤其在覆盖层与岩层的接触界面处,地下水富集,层面间形成软弱泥化夹层。后又发生较大的降雨,坡体开始沿软弱层面发生转移坍塌,滑坡变形机制为牵引式。

#### b. 人类工程活动

坡体开挖卸荷,表层岩体松动。

收稿日期:2021-02-24

作者简介:葛绪祯(1988—),男,硕士,工程师,从事道路设计工作。

3 滑坡稳定性计算分析

3.1 计算剖面的确定

根据钻探资料,对典型横断面 I-I 进行稳定性分析,见图 1。采用不平衡推力法对边坡进行稳定性验算<sup>[4-5]</sup>。

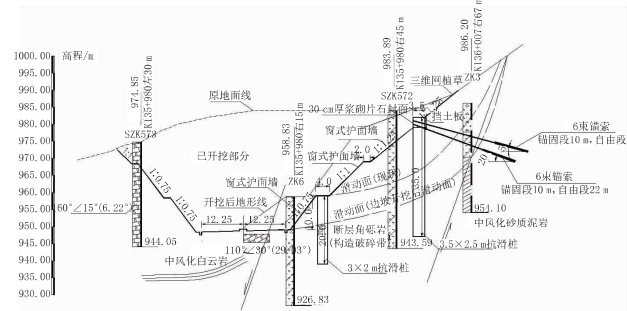


图 1 I-I 断面图(单位:m)

3.2 参数的选取

根据工程地质条件,经综合分析选取物理力学参数见表 1。

表 1 主要物理力学指标

|    | 岩性       | 状态                                        | 工况一                    |       |
|----|----------|-------------------------------------------|------------------------|-------|
|    |          |                                           | 天然状态                   | 饱和状态  |
| 坡体 | 碎石       | 重度 $\gamma/(\text{kN}\cdot\text{m}^{-3})$ | 19.8                   | 21.0  |
|    | 断层角砾岩    | 重度 $\gamma/(\text{kN}\cdot\text{m}^{-3})$ | 21.2                   | 22.0  |
| 滑带 | 岩土界面     | 泥化                                        | 内聚力 $c/\text{kPa}$     | 12.2  |
|    |          | 碎石                                        | 内摩擦角 $\varphi/(\circ)$ | 10.98 |
|    | 断层角砾岩    | 断层                                        | 内聚力 $c/\text{kPa}$     | 16.0  |
|    |          | 角砾                                        | 内聚力 $c/\text{kPa}$     | 14.4  |
| 岩体 | 中风化粉砂质泥岩 | 内聚力 $c/\text{kPa}$                        | 19.4                   | 17.46 |
|    |          | 内摩擦角 $\varphi/(\circ)$                    | 24                     | 21.6  |
| 岩体 | 中风化粉砂质泥岩 | 内聚力 $c/\text{kPa}$                        | 50                     | 45    |
|    |          | 内摩擦角 $\varphi/(\circ)$                    | 37                     | 33    |

3.3 计算工况与安全系数

该边坡工程安全等级为一级,边坡计算工况及安全系数如下:

- (1)工况一:自重(天然状态)为 1.25;
- (2)工况二:自重+暴雨(饱水状态)为 1.15。

3.4 稳定性分析计算

根据工程地质勘察报告确定的滑动面位置及岩土物理力学参数,选择 I-I 剖面进行边坡稳定性计算,计算采用不平衡推力法,按天然情况(工况一)和暴雨情况(工况二)两种工况计算,计算结果见表 2。

由计算结果可知,滑坡在天然状态下,现状坡体稳定系数为 1.119,处于稳定状态;路基开挖后的稳定系数为 0.944,处于不稳定状态。在暴雨状态下,现状坡体已发生浅层滑动,稳定性系数为 0.979,处于不稳定状态;路基进一步开挖后可能发生深层滑动,

表 2 稳定系数和剩余下滑力

| 开挖<br>进展 | 计算<br>剖面 | 稳定性系数                                     |                                           | 剩余下滑力                                     |                                           |
|----------|----------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|
|          |          | 工况一/<br>( $\text{kN}\cdot\text{m}^{-1}$ ) | 工况二/<br>( $\text{kN}\cdot\text{m}^{-1}$ ) | 工况一/<br>( $\text{kN}\cdot\text{m}^{-1}$ ) | 工况二/<br>( $\text{kN}\cdot\text{m}^{-1}$ ) |
| 现状       | I-I      | 1.119                                     | 0.979                                     | 852.93                                    | 1 197.91                                  |
| 开挖       |          | 0.944                                     | 0.830                                     | 2 918.28                                  | 3 215.04                                  |

稳定性系数为 0.830。

滑坡未开挖至设计位置,目前主要在边坡二级坡脚处沿软弱滑动面发生滑动;随着路基的继续开挖,在边坡一级坡脚处,可能沿软弱滑动面发生深层滑动,雨季存在整体失稳可能,下滑推力大,存在多级次滑动的可能<sup>[6]</sup>。

4 治理方案研究工程

4.1 处治措施

(1)边坡方案:第一级坡高 10 m,坡率 1:0.75,坡面窗式护面墙防护;第二、三级坡高 10 m,坡率 1:1,1:1.25,坡面窗式护面墙防护;第四级放坡到顶,坡率 1:1.25,三维网植草防护。第一级坡顶平台宽 4 m,第二级坡顶平台宽 2~4 m,K136+015~025 为平台宽度渐变段,第三级坡顶平台宽 3.5 m。

(2)加固措施:第一级平台设置 3×2 mA 型抗滑桩,桩长 20 m,共 18 根,桩间距 5 m,布设轴线与路基设计线平行,距路基设计线右侧 23.35 m;第三级平台设置 3.5×2.5 mB 型抗滑桩+两根 6 束预应力锚索,桩长 35 m,桩间距 5 m,共 9 根,布设轴线与路基设计线平行,距路基设计线右侧 51.6 m;锚索长 35、32 m,锚固段长 10 m,自由段长 25、22 m;桩顶外露 3 m,设置挡土板支挡桩间土体。

(3)A 型设计滑坡剩余下滑力 1 300 kN/m,编号 Z1~Z18;B 型设计滑坡剩余下滑力 2 200 kN/m,编号 Z19~Z27,共设抗滑桩 27 根。桩身采用 C30 混凝土现浇,主筋钢筋等级采用 HRB500,构造筋等钢筋等级采用 HRB400。

(4)B 型抗滑桩桩顶设两束预应力锚索,锚索采用 6 束直径 15.2 mm 强度级别为 1 860 MPa 的高强度钢绞线,从底至上每排锚索的长度分别为 32 m、35 m,锚固段长均为 10 m,锚固于中风化泥质砂岩中,锚索设计轴向抗拔力为 800 kN,锁定预加力 180 kN。

(5)为防止地表水下渗,对坡体裂缝采用黏土或砂浆封闭。

(6)表层水排水措施:滑坡体周界外缘 5 m 外、边坡坡顶外及边坡平台处分别设置截水沟以排除地表水。

## 4.2 施工顺序

(1)完善山体坡面防排水工作。在原有滑坡体周围设置截水沟,将坡体周围和内部的雨水合理排走。并封闭已有的裂缝,防止雨水侵入加快坡体的滑动。

(2)为保证施工期间滑坡体的稳定性,在施工前先对滑坡体前缘进行土体反压处理。反压互道应具有一定的压实度,要求不小于 80%,并做好对应的临时排水措施。

(3)先施工第二排抗滑桩(B 型抗滑桩),开挖第三级边坡平台,放样抗滑桩的位置后开挖;采用跳桩施工法,待桩体达到设计强度后方可进行相邻隔桩体施工。在混凝土灌注前,必须预埋直径 130 mm 钢套管及 OVM 锚具螺旋筋,以便锚索钻孔钻头通过。钢套管必须定位准确,护壁处需钻孔以便钢套管穿过。

(4)第二排抗滑桩施工完成后,并达到设计强度,钻锚索孔,施做桩顶预应力锚索,进行预应力张拉。

(5)开挖边坡第四级边坡及第二排抗滑桩顶部 3 m 范围桩间土体,施做挡土板及平台加固。

(6)然后由上之下开挖边坡三、二级边坡,完成坡面窗式护面墙防护。

(7)开挖第一级边坡平台,施工第一排抗滑桩(A 型抗滑桩)。采用跳桩施工法。

(8)按施工作业面要求开挖反压护道和原有山体,按设计要求完成第一级边坡刷坡,防护,开挖路幅范围内土体。

## 4.3 处理效果

采用抗滑桩与预应力锚索相结合的方式进行边坡滑坡加固,并对抗滑桩桩顶位移进行连续监测,向公路方向最大测点位移见图 2。

由图 2 可知,抗滑桩桩顶位移最大为 4.8 mm,随着施工时间的推移,滑坡体趋于稳定,这表明处置方案有效,能够较好地解决高边坡滑坡治理的问题。

## 5 结 语

通过对边坡滑塌的治理,采用抗滑桩与预应力

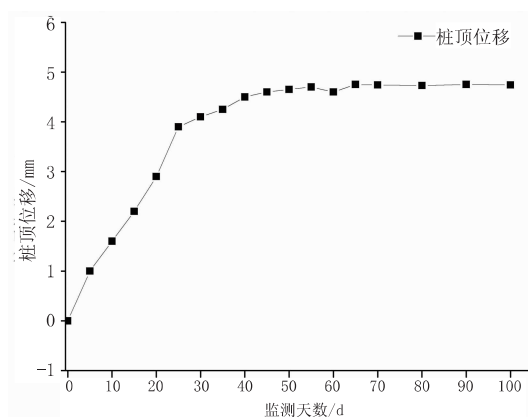


图 2 桩顶最大位移变化图

锚索相结合的方式加固,有以下结论:

(1)由于工程地质的复杂性,在对高边坡滑塌治理方案制定的过程中,首先应现场了解坡体变形的情况,分析坡体产生变形的原因,结合地质、水文特征等情况提出有针对性的处治方案。

(2)采用抗滑桩与预应力锚索相结合的方式进行边坡滑坡加固,能够较好地解决高边坡滑坡治理的问题。

(3)不管在施工过程中还是后期运营过程中,都应加强对边坡变形的检测,在此过程中如发现问题应及时上报并由相关部门提出解决方案。

## 参考文献:

- [1] 彭令,牛瑞卿.三峡库区白家包滑坡变形特征与影响因素分析[J].中国地质灾害与防治学报,2011,22(4):1-7.
- [2] 肖拥军,邓敏,杨昌才.库岸复杂滑坡体形成机制的数值分析[J].自然灾害学报,2015(2):74-80.
- [3] 段贤昌.滑坡地层锚索施工方法探讨[J].施工技术,2005,34(9):47-49.
- [4] 夏艳华,白世伟.传递系数法在滑坡治理削坡方案设计中的应用[J].岩石力学与工程学报,2008,27(s1):3281-3285.
- [5] 万玲,吴剑,魏作安.抗滑桩抗滑阻力的优化计算方法[J].重庆大学学报:自然科学版,2012,35(7):94-98.
- [6] 胡安邦.浅谈山区公路边坡滑塌治理方法[J].科技创新与应用.2015(18):219.

# 《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话: 021-55008850 联系邮箱: [cdq@smcdi.com](mailto:cdq@smcdi.com)